

# Intégration de déchets en construction

*Comparaison des approches européennes et recommandations pour la définition d'une procédure d'évaluation*



**INTEGRATION DE DECHETS EN CONSTRUCTION :  
COMPARAISON DES APPROCHES EUROPEENNES ET  
RECOMMANDATIONS POUR LA DEFINITION D'UNE  
PROCEDURE D'EVALUATION**

**RAPPORT FINAL**

**novembre 2019**

**C. DUBUISSON, L. GONZALEZ, E. VERNUS – PROVADEMSE/INSAVALOR  
C. HESLOUIN – CSTB**

Créée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement – est le fruit d'une triple coopération entre industriels, pouvoirs publics et chercheurs. L'objectif principal de RECORD est le financement et la réalisation d'études et de recherches dans le domaine des déchets et des pollutions industrielles.

Les membres de ce réseau (groupes industriels et organismes publics) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

**Avertissement :**

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :

**RECORD**, Intégration de déchets en construction : comparaison des approches européennes et recommandations pour la définition d'une procédure d'évaluation, 2019, 149 p, n°18-0165/1A

- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)  
[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

**Comité de suivi de l'étude :**

Rémy BAYARD – INSA de LYON / RECORD, Bénédicte COUFFIGNAL – RECORD, BORDEBEURE Sylvain - ADEME, BLARD Cyrille – SNCF, PERRIN Patrick - SOLVAY, ROMANO Hervé – EDF, VAN DER VOORT Deborah - SUEZ

© RECORD, 2019

## Résumé

Le sujet de l'acceptabilité environnementale et sanitaire de l'incorporation de matériaux alternatifs, issus de déchets dans des produits de construction se place au croisement de deux secteurs d'activité. Chacun d'eux dispose d'objectifs et de contraintes en matière sanitaire et environnemental et nécessite une démarche d'évaluation applicable et adaptée au périmètre des matériaux alternatifs et aux usages visés.

Dans ce contexte, ce rapport dresse un état des lieux des connaissances actuelles en matière de réglementation relative aux déchets et aux produits de construction en Europe accompagné d'un bilan des données existantes sur les principaux gisements de déchets (essentiellement minéraux) concernés par une incorporation dans des produits de construction.

Un examen préliminaire des réglementations de pays européens en matière d'utilisation des matières premières issues de déchets a conduit à identifier trois principales approches d'évaluation des matériaux/déchets candidats à la valorisation en produits de construction. Les pays considérés comme représentatifs de chacune des trois approches sont l'Autriche, les Pays-Bas, l'Allemagne et le Royaume-Uni. Le cas français est présenté à titre de comparaison.

Cette examen comparé a conduit à retenir les principaux facteurs favorables et limitants à l'incorporation de déchets dans des produits de construction mais aussi à identifier un certain nombre de recommandations pour la définition d'une démarche d'évaluation des matériaux alternatifs en construction qui s'articule autour des trois critères principaux : Simplicité d'application de la démarche, étendue du périmètre et niveau de confiance attendu par les utilisateurs de la démarche, afin d'améliorer le développement de cette filière en France.

**Mots clés :** déchets, produits de construction, règlementation, acceptabilité, évaluation

## Summary

Environmental and health acceptability of raw materials derived from waste utilization in construction products is an issue that concerns both waste and construction fields. Each of them has objectives and restrictions in terms of health and environment criteria. Thus, it requires assessment approaches that are suitable and applicable to these materials and their intended uses.

This report provides an overview of current knowledge on waste and construction products regulation in Europe. An existing data assessment of the main -essentially minerals- waste sources that could be incorporated into construction products is also presented.

A preliminary review of ten European countries regulations on waste utilization as raw materials allowed to identify three main assessment approaches of waste type to be recovered for construction products. Selected countries include Austria, the Netherlands, Germany and the United Kingdom. The French case is also presented for comparison purposes.

This comparative examination allowed to set a selection of main promising and limiting factors of waste utilization in construction products. This study presents recommendations to define suitable assessment approaches for the acceptability of raw materials in construction products based on the three main criteria: method simplicity, perimeter range and user's confidence expectation, in order to improve the development of secondary raw materials utilization in France.

**Keywords:** waste, construction products, regulations, acceptability, assessment

## Glossaire

ADR: Advanced Dry Recovery  
AWG : Abfallwirtschaftsgesetz – Waste Management Law  
BTP : Bâtiment et Travaux Publics  
DAE : Déchets d'Activités Economiques  
DCD : Déchets de Construction et de Démolition  
DGPR : Direction Générale de la Prévention des Risques  
EA : Environmental Agency  
EWC : European Waste Code  
FREC : Feuille de Route Economie Circulaire  
GBR : Granulats de Béton Recyclé  
GT : Groupe de Travail  
HAS : Heating Air classification System  
ISDI : Installation de Stockage des Déchets Inertes  
MIDND : Mâchefers d'Incinération de Déchets Non Dangereux  
OM : Ordures Ménagères  
PPC : Pollution, Prevention & Control Permit  
RCP : Règlement sur les Produits de Construction  
SSD : Sortie du Statut de Déchets  
SVHC : Substance of Very High Concern  
WRAP : Waste and Recycling Action Program

## Sommaire

Résumé.....	3
Summary .....	3
Glossaire.....	4
Sommaire .....	5
Introduction générale .....	10
I. Tâche 1 - Présentation des enjeux et du contexte européen de l'intégration des déchets et matériaux issus du recyclage dans les produits de construction .....	11
1 Objectifs .....	11
2 Contexte européen de l'intégration des déchets et matériaux issus du recyclage dans les produits de construction.....	11
2.1 Réglementation européenne actuelle relative aux déchets .....	11
2.1.1 Contexte réglementaire cadre .....	11
2.1.2 Contexte réglementaire français.....	13
2.2 Réglementations européennes de sortie du statut déchet (SSD) .....	15
2.3 Réglementation REACH .....	19
2.4 Réglementation européenne sur les produits de construction .....	20
2.4.1 Contexte réglementaire cadre .....	20
2.4.2 Contexte normatif relatif aux émissions de substances dangereuses dans l'eau .....	23
2.4.3 Contexte normatif relatif aux émissions de substances dangereuses dans l'air intérieur .....	25
2.4.4 Contexte réglementaire français.....	25
2.4.5 Permis d'innover.....	27
3 Identification des principaux gisements de déchets concernés.....	29
3.1 Gisements minéraux historiques.....	29
3.1.1 Cendres volantes de centrale thermique au charbon .....	29
3.1.2 Fumées de silice .....	32
3.1.3 Laitiers de hauts-fourneaux (LHF) .....	33
3.1.4 Sables de fonderie .....	35
3.2 Gisements minéraux produits en grande masse.....	37
3.2.1 MIDND .....	37
3.2.2 Granulats de béton recyclé .....	39
3.2.3 Sédiments de dragage .....	41
3.3 Retours d'expérience.....	43
3.3.1 Boues minérales industrielles : Bauxaline® .....	43
3.3.2 Cendres de boues de STEP .....	47
3.3.3 Bois et sols PVC.....	49
3.3.3.1 Le bois .....	49
3.3.3.2 Le PVC.....	50
4 Identification des principales filières de prétraitement.....	53
4.1 Granulats de béton recyclé (GBR) .....	53
4.1.1 Préparation des GBR.....	53
4.1.2 Procédés de prétraitement / traitement des GBR .....	55
4.1.2.1 ADR (Advanced Dry Recovery).....	55
4.1.2.2 Dépoussiérage des granulats.....	56
4.1.3 Autres procédés innovants de prétraitement.....	56
4.1.3.1 Activation pouzzolanique des fines.....	56
4.1.3.2 Élimination de sulfates par lixiviation .....	57
4.2 Mâchefers d'Incinération de Déchets Non Dangereux MIDND .....	58

4.2.1	Procédés de prétraitement / traitement des MIDND.....	58
4.2.1.1	Séparation .....	58
4.2.1.2	Solidification / Stabilisation (S/S).....	60
4.2.1.3	Procédés thermiques (vitrification) .....	61
4.2.2	Autres procédés innovants de prétraitement / traitement.....	63
4.2.2.1	Refroidissement à l'air .....	63
4.2.2.2	EquiAsh process .....	63
4.2.2.3	Traitement humide .....	64
4.3	Sédiments de dragage .....	65
4.3.1	Procédés de prétraitement des sédiments de dragage.....	65
4.3.1.1	Séparation granulométrique .....	65
4.3.1.2	Déshydratation .....	65
4.3.2	Procédés innovants de prétraitement / traitement des sédiments.....	66
5	Synthèse .....	68
II.	Tâche 2 - Examen comparé des règles et des pratiques actuelles d'États membres de l'Union Européenne .....	75
1	Objectifs .....	75
2	Analyse des différentes approches d'évaluation de l'incorporation des déchets dans des produits de construction.....	75
2.1	Approche 1 - « Admission des déchets en ISDI » : le cas de l'Autriche .....	76
2.1.1	Cadre réglementaire applicable à l'utilisation de matériaux de construction recyclés.....	76
2.1.2	Règles spécifiques en matière d'évaluation d'émission de substances dans l'eau des matériaux de construction recyclés.....	77
2.1.3	La sortie de statut déchets : focus sur les granulats de déchets de construction/démolition	78
2.1.4	Règles spécifiques en matière d'émission de substances dans l'air intérieur sur les produits de construction.....	79
2.1.5	Synthèse.....	80
2.2	Approche 2 - « Émission de polluants vers milieux récepteurs et évaluation des risques » : Allemagne, Pays-Bas et France.....	80
2.2.1	Allemagne .....	80
2.2.1.1	Cadre réglementaire applicable à l'utilisation de déchets en construction.....	81
2.2.1.2	Règles spécifiques en matière d'évaluation d'émission de substances dans l'eau ...	83
2.2.1.3	Règles spécifiques en matière d'émission de substances dans l'air intérieur sur les produits de construction .....	84
2.2.1.4	Synthèse .....	85
2.2.2	Pays-Bas ' .....	85
2.2.2.1	Cadre réglementaire applicable à l'utilisation de déchets en construction.....	86
2.2.2.2	Règles spécifiques en matière d'évaluation d'émission de substances dans l'eau ...	86
2.2.2.3	Sortie du statut de déchet pour les granulats de déchets de construction et démolition.....	87
2.2.2.4	Règles spécifiques en matière d'émission de substances dans l'air intérieur sur les produits de construction .....	89
2.2.2.5	Synthèse .....	89
2.2.3	France .....	90
2.2.3.1	Cadre réglementaire applicable à l'utilisation de déchets en construction.....	90

2.2.3.1	Règles spécifiques en matière d'évaluation d'émission de substances dans l'eau ...	90
2.2.3.2	Règles spécifiques en matière d'émission de substances dans l'air intérieur sur les produits de construction .....	92
2.3	Approche 3 - « Sortie de statut de déchet » : Royaume-Uni .....	95
2.3.1	Cadre réglementaire applicable à l'utilisation de déchets en construction .....	95
2.3.2	IsItWaste : l'outil pour la sortie de statut de déchet .....	98
2.3.3	Synthèse.....	99
3	Règles en matière d'évaluation environnementale du cycle de vie des matériaux incorporant des déchets.....	100
4	Synthèse .....	104
4.1	Bilan des règles en matière d'incorporation de déchets dans les matériaux de construction	104
4.2	Systèmes de labels européens sur les émissions de substances dans l'air intérieur .....	107
5	Recensement des pratiques .....	112
5.1	Présentation du sondage .....	112
5.2	Bilan de revue de pratiques dans les États Européens - Résultats du sondage .....	114
III.	Tâche 3 – Analyse comparative des pratiques actuelles et des perspectives : comparaison des pratiques des États membres de l'Union Européenne .....	118
1	Objectifs .....	118
2	Identification des facteurs favorables et limitants à l'incorporation de déchets dans des produits de construction.....	118
2.1	Éléments de contexte .....	118
2.2	Démarches .....	119
2.3	Facteurs favorables et limitants .....	125
2.3.1	Simplicité / Complexité de la procédure.....	125
2.3.2	Sécurité / Incertitude sur la pertinence du résultat .....	125
2.3.3	Périmètre des déchets candidats .....	125
2.3.4	Périmètre des applications possibles .....	125
3	Étude de cas : utilisation des MIDND comme matériaux alternatifs en construction.....	126
4	Réglementation matériaux, RPC, marquage CE .....	130
5	Synthèse et recommandations pour l'évaluation de l'acceptabilité de matériaux alternatifs en construction .....	132
	Références.....	138
	Annexes.....	143
Annexe 1.	Autriche .....	143
Annexe 2.	Allemagne.....	144
Annexe 3.	Pays-Bas.....	148

## Liste des Figures

Figure 1 :	Destination des déchets de bois (hors autoconsommation) selon le secteur producteur (les emballages sont inclus et leurs destinations ventilées).....	49
Figure 2 :	Les flux de déchets plastiques en France ( tonnes)-2012 .....	50
Figure 3 :	Demande Europe en plastique par segment et type de résine en 2017 (PlasticEurope) .....	52
Figure 4 :	Schéma simplifié des installations de préparation des GBR à partir des déchets de construction et démolition [Pellegrino et Faleschini, 2016] .....	55
Figure 5 :	Technologie ADR +HAS [TU Delft]- Projet H2020 VEEP .....	56
Figure 6 :	Schéma de traitement des sulfates par lixiviation .....	57
Figure 7 :	Procédé de gazéification Carbo V, Linde .....	62
Figure 8 :	Schéma du procédé de vitrification-gazéification CSA3D [AMORCE, 2013] .....	62

Figure 9. Schéma global du procédé EQUI-ASH.....	63
Figure 10 : Schéma global du procédé SEDI.PORT.SIL.....	67
Figure 11. Autriche : Schéma global de la démarche d'évaluation des matériaux/déchets candidats à la valorisation en produits de construction (RECORD, 2019) .....	80
Figure 12. Allemagne : Schéma global de la démarche d'évaluation des matériaux/déchets candidats à la valorisation en produits de construction (RECORD, 2019).....	85
Figure 13. Pays-Bas : Schéma global de la démarche d'évaluation des matériaux/déchets candidats à la valorisation en produits de construction (RECORD, 2019) .....	89
Figure 14 : Schéma global des principales étapes et mécanismes de contrôle du Protocole de Qualité pour la fabrication de granulats à partir de déchets inertes.....	98
Figure 15. Royaume-Uni : Schéma global des principales étapes et mécanismes de contrôle du Protocole de Qualité pour la fabrication de granulats à partir de déchets inertes (RECORD, 2019) ....	99
Figure 16 : Aperçu du calcul des limites d'émission pour les produits de construction granulaires dans le SQD. Voir l'équation (1) pour la relation entre le rejet (mg/m <sup>2</sup> ) et la limite d'émission (mg/kg) ...	123

## Liste des Tableaux

Tableau 1 : Aperçu général de la réglementation SSD des déchets acceptés pour la production de matériaux de construction recyclés dans quelques États membres. [Velzeboer, I & van Zomeren, 2017 ; Hjelmar et al., 2016 ; H. Saveyn et al., 2014] .....	17
Tableau 2 : Différentes filières de valorisation possibles pour les sédiments et type de valorisation correspondant dans la hiérarchie établie par l'article L541-1 du Code de l'Environnement. [Lecompte, 2018].....	42
Tableau 3 : Scénarios de SSD envisageables par filière [Gaborino, E & Tessier, E, 2013] .....	46
Tableau 4 : Principales STEP munies d'incinérateurs dédiés.....	48
Tableau 5 : Vue européenne des traitements mécaniques des MIDND [RECORD 13-0241/1A, 2015] ..	59
Tableau 6 : Synthèse des principaux gisements de déchets examinés en termes d'évolution de la production, l'utilisation et les réglementations appliqués pour l'émission de substances dans l'eau et dans l'air intérieur.....	68
Tableau 7 : Type de déchets acceptés pour la production de granulats recyclés en Autriche (Velzeboer, I and van Zomeren, A, 2017) .....	77
Tableau 8 : Types de déchets acceptés pour la production de granulats recyclés aux Pays-Bas. (Velzeboer, I and van Zomeren, A, 2017).....	87
Tableau 9 : Classement d'émission de substances .....	93
Tableau 10 : Type des déchets acceptés pour la production de granulats recyclés dans le Royaume-Uni ( Waste & Resources action program, 2005 ; Velzeboer, I and van Zomeren, A, 2017).....	96
Tableau 11 : Synthèse de l'examen des règles pratiques et actuelles sur l'incorporation des déchets dans des matériaux de construction dans les quatre pays sélectionnés .....	106
Tableau 12 : Labels européens en matière d'émission de substances dans l'air antérieur.....	108
Tableau 13 : Bilan de revue de pratiques dans les États Européens .....	115
Tableau 14 : Aperçu des critères nécessaires pour l'évaluation des MIDND en vue d'une valorisation .....	126
Tableau 15 : Comparaison des valeurs seuils utilisées pour la valorisation des granulats des MIDND dans quatre pays européens .....	127
Tableau 16 : Comparatif des exigences réglementaires sur les produits de construction en France et Allemagne (RECORD, 2019) .....	130
Tableau 17 : Valeurs seuils (lixiviation et contenu total) pour la classification des granulats issus de déchets de construction/démolition .....	143
Tableau 18 : Valeurs préventives pour les matériaux inorganiques <sup>1)</sup> .....	144
Tableau 19 : Valeurs préventives pour les matériaux organiques .....	145
Tableau 20 : Charges annuelles supplémentaires admissibles de polluants par tous les vecteurs ....	145

Tableau 21 : Valeurs pour l'évaluation des matériaux lors de l'application ou de l'incorporation en dessous ou à l'extérieur d'une couche de terre traversée par des racines .....	146
Tableau 22 : Valeurs pour les matériaux à analyser en sus lors de l'application ou de l'incorporation de matériaux avec plus de 10 % en volume de composants minéraux étrangers en dessous ou à l'extérieur d'une couche de terre traversée par des racines .....	147
Tableau 23 : Valeurs seuils pour le classement des matériaux de construction de substitution réglementés (RC-1 , RC-2, RC-3 Matériau de construction de recyclage de classes 1, 2, 3) .....	147
Tableau 24 : Valeurs seuils en lixiviation pour les matériaux granulaires et monolithiques .....	148
Tableau 25 : Valeurs seuils en contenu total pour les matériaux granulaires et monolithiques .....	149

## Introduction générale

Les produits de construction sont encadrés par le Règlement Européen 305/2011 dit « Produits de Construction » (RPC). Ce texte précise les critères de mise sur le marché des produits et les conditions harmonisées d'évaluation de leurs caractéristiques et performances techniques en lien avec leurs usages afin de faciliter la libre circulation des produits de construction à l'intérieur de l'Union Européenne. L'émission dans l'eau et dans l'air de substances dangereuses par des produits de construction relève notamment de ce Règlement.

En parallèle, la politique européenne et française de gestion des déchets encourage le développement de l'économie circulaire et le recours aux matières premières alternatives, issues de déchets, notamment pour l'élaboration de matériaux et produits de construction. Toutefois, l'encadrement réglementaire et normatif national et européen reste encore peu clair sur l'évaluation environnementale et sanitaire de produits de construction potentiellement constitués (partiellement ou totalement) de déchets ou de matériaux issus d'opérations de valorisation de déchets.

Le sujet de l'acceptabilité environnementale et sanitaire de l'incorporation de matériaux issus du recyclage dans des produits de construction nécessite un encadrement sécurisant pour la santé des consommateurs / usagers du bâtiment et la protection des milieux, mais aussi suffisamment attractif pour entraîner les efforts nécessaires à la préparation de ces matières premières.

La présente étude vise à poser la problématique de l'évaluation de l'acceptabilité de matériaux alternatifs en construction dans le contexte européen, en cherchant un équilibre entre les enjeux et les contraintes du secteur de la construction et du secteur de la valorisation des déchets.

Un état des connaissances sur les principaux gisements de déchets minéraux concernés par une incorporation dans des produits de construction et les filières de traitement ou de prétraitement adaptées pour préparer ces déchets est dressé afin d'examiner les enjeux spécifiques associés à la valorisation en construction (en termes de production de déchets, en termes de composante environnementale concernée (air intérieur ou eaux et sols), en termes de production de matériaux ou produit de construction concerné).

Les règles et pratiques actuelles des États Membres font l'objet d'un examen comparé ciblé sur les trois principales approches d'évaluation des matériaux / déchets candidats à la valorisation en produits de construction identifiées parmi les pays européens. Cet examen s'appuie sur l'étude de cas de pays représentatifs de chacune des trois approches.

En guise de conclusion, une proposition de recommandations pour la définition d'une procédure « applicable et adaptée » à l'évaluation de l'acceptabilité de matériaux alternatifs en construction est présentée. Cette proposition est établie sur la base d'une analyse des différentes démarches examinées auparavant.

# **I. Tâche 1 - Présentation des enjeux et du contexte européen de l'intégration des déchets et matériaux issus du recyclage dans les produits de construction**

## **1 Objectifs**

Après une présentation introductive des enjeux et du contexte européen de l'intégration des déchets et matériaux issus du recyclage dans les produits de construction, la première phase de l'étude a comme objectif principal d'aborder d'une façon synthétique les principaux gisements de déchets et filières de traitement ou prétraitement en vue de leur valorisation en tant que matériaux constitutifs de produits de construction en France et à l'échelle européenne.

L'étude des gisements comprend non seulement les grands gisements de résidus minéraux mais également les déchets organiques tels que les plastiques et le bois concernés en particulier par les risques d'émissions de substances dans l'air.

L'étude des prétraitements portera sur les procédés existant en France ainsi que dans les pays européens.

## **2 Contexte européen de l'intégration des déchets et matériaux issus du recyclage dans les produits de construction**

Le sujet de l'acceptabilité environnementale et sanitaire de l'incorporation de matériaux issus du recyclage dans des produits de construction se place au croisement de deux secteurs d'activité, celui des déchets et celui de la construction. Chacun d'eux dispose d'un cadre qui vise à harmoniser les réglementations des États membres. Ce sont donc les États membres qui ont compétence en ce qui concerne la forme et les moyens de parvenir aux objectifs fixés.

### **2.1 Réglementation européenne actuelle relative aux déchets**

#### **2.1.1 Contexte réglementaire cadre**

Le cadre législatif des déchets et de leur valorisation au niveau de l'Union Européenne régit par la Directive 2008/98/CE relative aux déchets (modifiée le 30 mai 2018 (2018/851)) intègre des orientations générales sur les déchets avec l'obligation de hiérarchiser la gestion des déchets avec, par ordre de priorité, le réemploi, la réutilisation, le recyclage, la valorisation et enfin l'élimination. Elle donne un statut juridique spécifique aux déchets afin d'éviter les risques éventuels pour l'environnement et la santé publique qui pourraient survenir en cas d'abandon du déchet. Ainsi, un déchet se définit comme « toute substance ou tout objet dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire ».

Du fait de son caractère très général, ce texte n'aborde pas de manière détaillée les spécificités des différentes opérations de traitement ni des différents gisements de déchets. Il a donc été complété par des textes spécifiques sur la gestion de certains flux de déchets notamment en réponse aux observations suivantes :

- la nécessité de soumettre certains déchets à des contrôles spécifiques du fait de leur caractère dangereux ;
- le fait que l'usage inadapté de certains déchets peut avoir de graves conséquences sur la santé humaine et sur l'environnement.

Afin de mettre en œuvre une politique d'amélioration de l'utilisation des ressources, le paquet d'économie circulaire apporte des modifications à la Directive Cadre. En effet, « les systèmes de gestion des déchets peuvent contribuer à effectuer la transition vers une économie circulaire ». La politique de gestion des déchets a plusieurs objectifs qui sont la protection de l'environnement, de la santé ainsi que la mise en place d'une bio économie durable.

La présente Directive impose aux États membres de prendre des mesures, notamment économiques, afin de favoriser l'application de la hiérarchie de traitement des déchets établie à l'article 4 qui doit par la suite être respectée par les producteurs quand ils assurent la gestion de leurs déchets. Elle a pour objectif de lister les mesures de traitement de déchets par ordre croissant partant de celui ayant le moindre impact sur l'environnement à celui causant le plus de dommages, incitant ainsi à effectuer en premier les mesures de gestion les plus respectueuses de l'environnement.

La liste prévoit ainsi la prévention, la préparation en vue du réemploi, le recyclage, les autres modes de valorisation, notamment énergétique, puis l'élimination.

La gestion des déchets définie à l'**article 3** de la Directive ajoute à la liste des activités décrivant les opérations de gestion le point 15bis « valorisation matière : toute opération de valorisation autre que la valorisation énergétique et le retraitement en matières destinées à servir de combustible ou d'autre moyen de produire de l'énergie. Elle comprend notamment la préparation en vue du réemploi, le recyclage et le remblayage ».

Elle prévoit le développement des cas de Sortie du Statut de Déchets, SSD (dispositif existant déjà dans l'**article 6**). Le statut de fin de déchet est un statut juridique accordé à des déchets pouvant avoir une utilité, c'est-à-dire un potentiel de valorisation et donc une valeur économique. Le statut de fin de déchet est établi afin d'encourager la valorisation des déchets. Dans ses attendus (alinéa 17) concernant la sortie du statut de déchet en ce qui concerne les déchets qui ont subi une opération de valorisation, cette Directive « accorde notamment la priorité aux flux de déchets qui présentent un risque plus élevé pour la santé humaine et l'environnement en raison de la nature et du volume de ces flux de déchets, aux déchets soumis à des processus innovants de valorisation ou aux déchets valorisés en vue d'une utilisation ultérieure dans d'autres États membres ».

La notion de « **sous-produit** » est définie ainsi par la Directive : « Les États membres prennent les mesures appropriées pour veiller à ce qu'une substance ou un objet issu d'un processus de production dont le but premier n'est pas de produire ladite substance ou ledit objet soit considéré non pas comme un déchet, mais comme un sous-produit, si les conditions suivantes sont réunies :

- a) L'utilisation ultérieure de la substance ou de l'objet est certaine ;

- b) La substance ou l'objet peut être utilisé directement sans traitement supplémentaire autre que les pratiques industrielles courantes ;
- c) La substance ou l'objet est produit en faisant partie intégrante d'un processus de production ; et
- d) L'utilisation ultérieure est légale, c'est-à-dire que la substance ou l'objet répond à toutes les prescriptions pertinentes relatives au produit, à l'environnement et à la protection de la santé prévues pour l'utilisation spécifique et n'aura pas d'incidences globales nocives pour l'environnement ou la santé humaine.

La notion de « **fin de statut de déchet** » est définie ainsi par la Directive : « Les États membres prennent les mesures appropriées pour veiller à ce que les déchets qui ont subi une opération de recyclage ou une autre opération de valorisation soient considérés comme ayant cessé d'être des déchets s'ils remplissent les conditions suivantes :

- a) la substance ou l'objet doit être utilisé à des fins spécifiques ;
- b) il existe un marché ou une demande pour une telle substance ou un tel objet ;
- c) la substance ou l'objet remplit les exigences techniques aux fins spécifiques et respecte la législation et les normes applicables aux produits ; et
- d) l'utilisation de la substance ou de l'objet n'aura pas d'effets globaux nocifs pour l'environnement ou la santé humaine.

Enfin, le texte définit ainsi les critères sur la base desquels la Commission est susceptible d'harmoniser, entre les États membres, les conditions de sortie de statut de certains types de déchets :

- « a) les déchets autorisés utilisés en tant qu'intrants pour l'opération de valorisation ;
- b) les procédés et techniques de traitement autorisés ;
- c) les critères de qualité applicables aux matières issues de l'opération de valorisation qui cessent d'être des déchets, conformément aux normes pertinentes applicables aux produits, y compris, si nécessaire, les valeurs limites pour les polluants ;
- d) les exigences pour les systèmes de gestion, permettant de prouver le respect des critères de fin du statut de déchet, notamment en termes de contrôle et d'autocontrôle de la qualité, et d'accréditation, le cas échéant; et
- e) l'exigence d'une déclaration de conformité.

### 2.1.2 Contexte réglementaire français

Les dispositions générales concernant la gestion des déchets en France sont définies par la Loi du 15 juillet 1975, modifiée par la Loi du 13 juillet 1992, relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux. Son objet est en premier lieu de « prévenir ou réduire la production et la nocivité des déchets, d'organiser le transport des déchets et de le limiter en distance et en volume, et enfin de valoriser les déchets par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir à partir des déchets des matériaux réutilisables ou de l'énergie » (art. L541-1 1 du Code de l'environnement).

En France, l'emploi de matériaux issus de déchets en construction a une chronologie d'évolution importante depuis 2010 :

- **2010 : Ordonnance déchet du 18 décembre 2010** : place la valorisation comme mode prépondérant de gestion, introduit la possibilité de sortie du statut de déchet pour certaines catégories ;
- **2014 : Loi Alur** (loi pour l'accès au logement et un urbanisme rénové) premiers schémas de l'économie circulaire, les **schémas régionaux des carrières**, bâtis sur l'appréciation globale de **l'économie des matières minérales** et de l'énergie associée, incluant le transport et le recyclage à l'échelle d'un territoire ;
- **2014 : Programme National de Prévention des Déchets 2014-2020**, qui affiche la réduction des déchets du BTP comme prioritaire avec notamment comme action d'identifier et d'utiliser les leviers d'actions pour développer le réemploi des matériaux du secteur du BTP ;
- **2015 : Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte**, qui est aussi une loi sur l'économie circulaire et les déchets, inscrivant dans les Codes de l'Environnement, de l'Énergie et dans le Droit de la Commande Publique de nouveaux concepts :
  - « **L'économie circulaire** vise à dépasser le modèle économique linéaire [...] en appelant à une **consommation sobre et responsable des ressources naturelles et des matières premières primaires** ainsi que, par ordre de priorité, à la prévention de la production de déchets, notamment par le **réemploi** des produits, et suivant la hiérarchie des modes de traitement des déchets, à une **réutilisation**, à un **recyclage** ou, à défaut, à une **valorisation** des déchets ».
  - « La **commande publique durable** est mise au service de la transition vers l'économie circulaire et de l'atteinte des objectifs mentionnés au présent I [de la Loi]. Par son effet d'entraînement, elle contribue à faire émerger et à déployer des pratiques vertueuses, notamment en matière d'économie de la fonctionnalité, de réemploi des produits et de préparation à la réutilisation des déchets, et de production de biens et services **incorporant des matières issues du recyclage**. ».
- Cette même Loi transcrit dans le droit français un des éléments de la Directive Européenne de 2008, à savoir un objectif de 70 % de valorisation des déchets du BTP à l'horizon 2020. Elle fixe également, pour la première fois, un objectif dans les travaux sous commande publique :
  - **à partir de 2017, 50 %** des matériaux nécessaires pour les **chantiers routiers** sont **issus du réemploi, de la réutilisation ou du recyclage** des déchets, avec un taux de 20 % pour les couches d'assises et de 10 % pour les couches de roulement ;
  - **à partir de 2020**, ces mêmes taux sont fixés respectivement à **60 %, 30 % et 20 %** (art 79 de la Loi du 17 août 2015).

**2018 : la Feuille de Route Economie Circulaire (FREC) du 23 avril** réaffirme des mesures phares en matière d'emploi de matériaux issus de déchets en construction :

- « incorporer davantage de matières premières issues du recyclage dans les produits » n° 1;
- « gérer les ressources d'une façon plus soutenable » n° 5 ;
- « renforcer le tri, le réemploi et la valorisation des déchets du BTP » n° 33 ;
- « développer d'ici 2020 des guides techniques permettant la reconnaissance des performances des matériaux réutilisés ou réemployés » n° 35 ;
- « faciliter la sortie statut déchet » n° 37.

Le plan de ressources pour la France 2018 conçoit la mise en œuvre de la feuille de route d'économie circulaire. L'objectif du plan est de mieux appréhender les enjeux de dépendance de l'économie aux matières premières : la France est par exemple dépendante des importations pour couvrir ses besoins en ressources minérales pour l'industrie manufacturière et l'agriculture, et notamment pour la production de l'énergie renouvelable et le stockage de l'énergie.

Ce plan a identifié les pressions spécifiques auxquelles sont confrontées les ressources nécessaires à l'économie de la France pour vérifier l'alignement des politiques qui gouvernent la consommation et la production. Parmi ces ressources se trouvent les ressources minérales non métalliques destinées à la construction et à l'aménagement du territoire. Pour ces ressources, les principaux facteurs d'évolution dans la construction sont :

- le recyclage des déchets du BTP,
- l'incorporation de déchets industriels dans les produits,
- l'évolution des modes de construction,
- les politiques nationales de renouvellement / rénovation et de construction neuve de logements ou d'infrastructures,
- la politique de soutien aux matériaux biosourcés,
- la réutilisation des composants de la construction,
- les besoins en ressources minérales destinées aux matériaux de construction, qui resteront importants.

**2018 –2019 : le projet de guide sur l'acceptabilité environnementale et sanitaire de l'utilisation de matériaux alternatifs en construction**, porté par le CEREMA sur instruction de la DGPR et avec les contributions notamment du CSTB et de PROVADEMSE, s'inscrit dans cette démarche avec l'objectif d'encadrer et de favoriser ainsi l'emploi de matières premières issues de déchets dans l'élaboration de matériaux de construction, en substitution de matières premières naturelles.

## 2.2 Réglementations européennes de sortie du statut déchet (SSD)

La Directive 2008/98/CE révisée contient des dispositions visant à définir des critères SSD qui garantissent un niveau élevé de protection de l'environnement ainsi qu'un avantage économique. Certains déchets spécifiés cessent d'être des déchets lorsqu'ils ont fait l'objet d'une opération de valorisation et répondent à des critères spécifiques élaborés conformément à un certain nombre de conditions selon l'article 6. Ces conditions sont :

1. La substance ou l'objet est couramment utilisé à des fins spécifiques ;
2. Il existe un marché ou une demande pour une telle substance ou un tel objet ;
3. La substance ou l'objet satisfait aux exigences techniques pour les utilisations spécifiques et respecte la législation et les normes en vigueur applicables aux produits ;
4. L'utilisation de la substance ou de l'objet n'aura pas d'effets néfastes sur l'environnement ou la santé humaine.

La raison principale d'établir des critères SSD est de faciliter et de promouvoir le recyclage et l'utilisation des déchets en tant que ressources, de réduire la consommation des ressources naturelles et de réduire la quantité de déchets envoyés à l'élimination. Cette pratique devrait assurer un niveau élevé de protection de l'environnement et la faisabilité économique du procédé :

- Améliorer le fonctionnement du marché intérieur.
- Augmenter la capacité de recyclage.
- Éliminer les charges administratives inutiles.
- Promouvoir l'amélioration de la qualité des matériaux secondaires.
- Améliorer la perception des utilisateurs.

Les critères comprennent des valeurs limites pour les polluants et tiennent compte de tout effet nocif éventuel de la substance ou de l'objet sur l'environnement.

La Commission Européenne établit des critères SSD pour un certain nombre de matériaux recyclables spécifiques. Des études techniques sont actuellement disponibles pour les déchets de ferraille, fer et acier, les déchets d'aluminium et d'alliage d'aluminium, le papier, les déchets de cuivre et d'alliages de cuivre, le calcin de verre, les déchets biodégradables (compost / digestat) et les déchets plastiques. Jusqu'à présent, ces études ont permis d'élaborer les Règlements suivants, qui sont maintenant adoptés et sont entrés en vigueur :

- Règlement de la Commission pour les déchets de ferraille (222/2011) : fer, acier et aluminium.
- Règlement de la Commission pour le calcin de verre (1179/2012).
- Règlement de la Commission pour les déchets de cuivre (715/2013).

À l'avenir, la Commission pourrait élaborer des critères pour d'autres flux tels que les plastiques, les granulats et les combustibles dérivés de déchets.

Parmi les pays Européens qui ont des critères SSD pour la production de granulats dérivés de déchets se trouvent l'Autriche, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, l'Allemagne (projet), et la France (projet).

Si et quand un granulats dérivés de déchets atteint ce statut, il deviendra un produit (de construction) et sera donc régi par le RPC plutôt que par la législation sur les déchets, ce qui signifie que dans la plupart des États membres la réglementation en matière de protection de l'environnement ne sera pas applicable. Cependant, la protection de l'environnement est intégrée à l'exigence n° 3 (hygiène, santé et environnement) du RPC, mais les critères spécifiques de qualité de l'environnement ne sont pas inclus. L'utilisation de granulats de déchets recyclés à des fins de construction est soumise à la législation environnementale de plusieurs États membres de l'UE, mais les produits de construction ne le sont généralement pas, sauf aux Pays-Bas, où la réglementation en matière de protection de l'environnement s'applique à la fois aux granulats de déchets recyclés et aux granulats vierges utilisés dans la construction (Hjelmar et al, 2016).

En Europe, la Norme EN 15804+A1 relative aux déclarations environnementales des produits de construction définit le statut de fin de déchet lorsqu'ils remplissent les 4 critères de l'article 6 de la Directive Européenne Cadre sur les déchets 2008/98/CE. Ces critères sont utilisés au niveau français dans l'Arrêté du 23.12.2013 relatif à la déclaration environnementale des produits de construction et de décoration destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment.

Le Tableau 1 présente un aperçu général de la réglementation SSD dans quelques États membres.

**Tableau 1 : Aperçu général de la réglementation SSD des déchets acceptés pour la production de matériaux de construction recyclés dans quelques États membres. [Velzeboer, I & van Zomeren, 2017 ; Hjelmar et al., 2016 ; H. Saveyn et al.,2014]**

États membres	Déchets	Type de document	Référence EU
Autriche	Construction et démolition	Réglementation sur les matériaux de construction recyclés	2014/564/A
		Guide pour les matériaux de construction recyclés à partir de déchets de démolition de bâtiments <sup>1</sup>	2007/653/A
	Cendres/mâchefers	Décret du ministre fédéral de l'Agriculture, des Forêts, de l'Environnement et de la Gestion de l'Eau et du ministre fédéral de l'Économie, de la Famille et de la Jeunesse, modifiant l'Ordonnance sur l'incinération des déchets (AVV Amendement 2009)	2009/633/A
	Matériaux de remplissage et comblement de tranchées	Guide pour les matériaux recyclés et concassés utilisés en tranchée <sup>1</sup>	2007/654/A
France	Construction et démolition	Projet d'arrêté fixant des critères de SSD pour les granulats produits à partir de déchets de construction et travaux publics, destinés à la construction routière	2015/77/F (projet)
Royaume-Uni	Granulats inertes	Critères SSD pour la production d'agrégats à partir de déchets inertes	2013/107/UK
	Laitier d'acier	Critères SSD pour la production et l'utilisation d'agrégats de laitier d'acier dans les applications de construction	2014/481/UK
	Gypse	Critères de SSD pour la production et l'utilisation de gypse recyclé à partir de déchets de placoplâtre	2013/207/UK
	Cendres	Critères SSD pour la production cendres volantes et les mâchefers destinées à la construction	2010/161/UK
Pays-Bas	construction and démolition	Règlement sur le recyclage des granulats (SSD)	2014/384/NL

<sup>1</sup> Pour obtenir un label de qualité pour les matériaux de construction recyclés, et non le statut «SSD».

L'Autriche dispose d'un Règlement de SSD pour les déchets issus des procédés thermiques et les déchets de construction et de démolition destinés à la production et à la classification des matériaux de construction recyclés en tant que non-déchets.

Aux Pays-Bas, il existe une réglementation avec des critères de SSD, spécifiquement pour les déchets de construction et de démolition nommés « stony waste ». La gestion et l'évaluation des déchets des Pays-Bas relèvent d'une démarche originale, basée sur les possibilités de réutilisation des déchets comme matériaux de construction et non pas sur les modalités de leur élimination en décharge.

Le Royaume-Uni dispose d'une réglementation relative à la production et à l'utilisation de granulats à partir de déchets inertes, de laitiers d'acier, du gypse et des cendres de charbon (Environment Agency, 2013). Cette réglementation nommée « protocole de qualité » est applicable en Angleterre, au Pays de Galles et en Irlande du Nord.

En Allemagne, le Tribunal administratif fédéral, dans son Arrêté du 5 décembre 2012 (7 B 17/12) 4, a décidé que la SSD s'appliquait également aux déchets de construction et de démolition.

En France existe également un projet d'arrêté fixant des critères de SSD pour les granulats produits à partir de déchets de construction et travaux publics, et destinés à la construction routière.

Des notions de SSD implicite et explicite sont données dans l'Avis du 13 janvier 2016 du Ministère de l'Écologie aux exploitants d'installations de traitement de déchets et aux exploitants d'installations de production utilisant des déchets en substitution de matières premières. Il explicite ainsi que le statut juridique de ce qui est produit par une installation dont les intrants ont pour tout ou partie le statut de déchet :

- Tout déchet qui est traité dans une installation de traitement de déchets (rubrique 27XX) conserve un statut juridique de déchet après traitement ;
- Un article au sens du Règlement REACH, ou un assemblage d'articles constituant un objet, fabriqué dans une installation de production qui utilise pour tout ou partie des déchets comme matières premières, n'a pas le statut de déchet.

Dans le premier cas, pour sortir du statut de déchet, le produit de l'installation de traitement de déchets doit faire l'objet d'une procédure de demande de sortie de statut de déchet selon les conditions définies par le Décret du 30 avril 2012. Il s'agit alors d'une sortie explicite du statut de déchet.

Dans le second cas, le produit de l'installation de production n'est pas considéré comme un déchet. On parle alors de sortie implicite du statut de déchet.

## 2.3 Réglementation REACH

Il existe aussi d'autres réglementations en rapport avec la SSD, **le Règlement REACH et le Règlement Produits de Construction**. Ce dernier sera traité séparément dans la section 2.3.

En ce qui concerne le Règlement REACH, dès qu'un matériau « cesse d'être un déchet » (a obtenu la SSD), les exigences de ce Règlement s'appliquent en principe de la même manière que pour tout autre matériau, avec un certain nombre de dérogations accordées conditionnellement. En effet, l'exigence de l'article 6 de la Directive déchets stipule dans le point C que la substance ou l'objet remplit les exigences techniques aux fins spécifiques et respecte la législation et les normes applicables aux produits, dont le Règlement REACH fait partie. Le guide sur les déchets et les substances récupérées (ECHA, 2010) est utile pour appliquer les exigences REACH aux matériaux ayant la SSD.

Le Règlement REACH établit une distinction entre les substances, les mélanges et les objets. L'article 3 du Règlement REACH définit un objet comme « un objet qui, lors de la fabrication, se voit attribuer une forme, une surface ou un dessin particulier, qui en détermine davantage le fonctionnement que la composition chimique ». Cela implique que la forme, la surface ou le dessin doivent être délibérément déterminés et donnés au cours d'une étape de production. Les granulats provenant de déchets de construction / démolition, par exemple, peuvent être définis comme des objets lorsque des exigences spécifiques concernant la forme et la fonction sont définies à l'avance (par exemple, la conformité à une norme EN). Les granulats plastiques, par exemple, ne sont pas des objets mais des substances (ou des mélanges), car leur forme et leur fonction sont secondaires.

Lorsqu'un matériau contient des composés énumérés à l'annexe XIV et à la liste candidate du Règlement REACH (substances extrêmement préoccupantes ; SVHC), une autorisation de REACH (exception temporaire concernant l'interdiction) est nécessaire pour le commercialiser.

Par conséquent, le fournisseur doit fournir le nom de la substance et toutes les informations de sécurité pertinentes concernant cette substance aux destinataires de cet article (article 33 du Règlement REACH). En outre, d'autres restrictions peuvent s'appliquer aux articles SVHC pouvant limiter des applications spécifiques (annexe XVII). La demande d'autorisation est coûteuse, ce qui pourrait poser problème aux entreprises de recyclage. À côté de cela, la liste des SVHC s'allonge et les charges administratives ne sont pas réduites, mais vont plutôt augmenter.

D'après le guide sur les déchets et les substances récupérées (ECHA, 2010), les granulats recyclés de béton, de pierres naturelles, de maçonnerie, de céramiques (par exemple, des tuiles de toiture) et/ou d'asphalte sont considérés comme des articles. Lorsque les granulats recyclés ont des applications dans les travaux de génie civil, les routes et les ballasts de voies ferrées, la fonction principale est d'assurer la stabilité et la résistance à la dégradation / fragmentation. Dans ce cas, la forme, la surface ou le dessin sont plus importants que la composition chimique. Par conséquent, il est nécessaire que la forme, la surface ou la conception du matériau soit délibérément déterminées et indiquées lors de sa production (par exemple, afin de respecter certaines normes agréées reconnues, telles que les Normes EN 12620, 13043 ou 13242). Ces granulats sont donc considérés comme des objets au sens de la définition de l'article dans REACH.

À titre d'exemple, le rapport entre la réglementation SSD et le Règlement REACH est illustré par le cas de la réglementation néerlandaise en matière de matériaux pierreux qui vise à limiter les émissions de substances par la caractérisation du comportement à la lixiviation, alors que le Règlement REACH et la Directive déchets (définition du caractère dangereux) sont basés sur la composition. Ainsi, un même « objet pierreux » contenant des SVHC peut être considéré comme un produit de construction « sûr » en se basant sur son comportement à la lixiviation, alors que s'il était considéré comme un déchet, il pourrait être classé comme « déchet dangereux » sur la base de sa composition, avec toutes les restrictions associées, alors que l'objet n'a pas changé. Conformément à la réglementation SSD, il n'est pas autorisé aux Pays-Bas d'utiliser des déchets dangereux pour produire des granulats pierreux. La réglementation néerlandaise préconise que le recyclage de ces matériaux doit être encouragé si le relargage des SVHC n'est pas significatif. Or, toutes les SVHC de la liste ne sont pas mesurées dans ces matériaux. Des exigences supplémentaires seront nécessaires pour suivre les produits pour lesquels le matériau recyclé est utilisé. L'UE semble vouloir aller dans la même direction, mais sa politique est toujours en développement.

## 2.4 Réglementation européenne sur les produits de construction

### 2.4.1 Contexte réglementaire cadre

La réglementation concernant l'émission dans l'eau et dans l'air de substances dangereuses par des produits de construction relève notamment du Règlement « Produits de Construction » (CEE, 2011) mais également d'autres textes législatifs, par exemple les Directives « Eaux » qui précisent les conditions à respecter pour les différents types d'eaux de surface ou souterraines (CEE, 1975) (CEE, 1998) (CEE, 2000), ou des textes spécifiques aux différents types de produits comme la Directive « Biocides » (CEE, 1998), qui s'applique à tous les produits (e.g. bois traités, membranes bitumineuses traitées avec des biocides etc.) susceptibles d'émettre des biocides / pesticides à usage non agricole (e.g. anhydride borique, tétraborate de disodium, acide borique, phosphore d'aluminium, tébuconazole, propiconazole etc.).

Le **Règlement « Produits de Construction » (RPC)** vise à harmoniser les réglementations des États membres afin de faciliter la libre circulation des produits de construction à l'intérieur de l'Union Européenne. Le RPC prévoit le **marquage CE** réglementaire des produits de construction, qui atteste que les ouvrages dans lesquels ces produits sont incorporés satisfont les **sept exigences fondamentales (EF) du RPC** :

1. Résistance mécanique et stabilité,
2. Sécurité en cas d'incendie,
3. Hygiène, santé et environnement,
4. Sécurité d'utilisation et accessibilité,
5. Protection contre le bruit,
6. Économie d'énergie et isolation thermique,
7. Utilisation durable des ressources naturelles.

Ces exigences essentielles ne s'adressent pas directement aux produits faisant l'objet du Règlement, mais s'appliquent aux ouvrages dont ces produits font partie. Ainsi, l'**EF n° 3 « Hygiène, Santé et Environnement »** prévoit que « les ouvrages de construction doivent être conçus et construits de manière à ne pas constituer, tout au long de leur cycle de vie, une menace pour l'hygiène ou la santé et la sécurité des travailleurs, des occupants ou des voisins, et à ne pas avoir d'impact excessif sur la qualité de l'environnement, ni sur le climat tout au long de leur cycle de vie, que ce soit au cours de leur construction, de leur usage ou de leur démolition, du fait notamment :

- a) d'un dégagement de gaz toxiques ;
- b) de l'émission, à l'intérieur ou à l'extérieur, de substances dangereuses, de composés organiques volatils (COV), de gaz à effet de serre ou de particules dangereuses ;
- c) de l'émission de radiations dangereuses ;
- d) du rejet de substances dangereuses dans les eaux souterraines, dans les eaux marines, les eaux de surface ou dans le sol ;
- e) du rejet de substances dangereuses dans l'eau potable ou de substances ayant un impact négatif sur l'eau potable ;
- f) d'une mauvaise évacuation des eaux usées, de l'émission de gaz de combustion ou d'une mauvaise élimination de déchets solides ou liquides ;
- g) de l'humidité dans des parties de l'ouvrage de construction ou sur les surfaces intérieures de l'ouvrage de construction. ».

**L'EF n°7 « Utilisation durable des ressources naturelles »** précise que « les ouvrages doivent être conçus, construits et démolis de manière à assurer une utilisation durable des ressources naturelles et, en particulier, à permettre :

- a) La réutilisation ou la recyclabilité des ouvrages de construction, de leurs matériaux et de leurs parties après démolition ;
- b) La durabilité des ouvrages de construction ;
- c) L'utilisation, dans les ouvrages de construction, de matières premières primaires et secondaires respectueuses de l'environnement ».

Pour donner une forme concrète aux EF, la Commission Européenne a adopté en 1993 des textes de référence, appelés "**documents interprétatifs**" spécifiques à chaque EF (documents téléchargeables depuis le site internet du RPC <http://www.rpcnet.fr/>). Dans le document interprétatif concernant l'EF n° 3 « **Hygiène, Santé et Environnement** » se trouvent les indications de base pour la vérification de la conformité à cette condition essentielle selon les spécifications suivantes :

- Environnement intérieur
- Alimentation en eau
- Évacuation des eaux usées
- Évacuation des déchets solides
- Environnement extérieur

Ce document prévoit que l'impact sur l'environnement soit considéré dans chaque phase du cycle de vie du produit, mais ce document interprétatif s'applique seulement à **la phase vie en œuvre**. Les exigences pour la prévention ou la limitation de l'impact de l'ouvrage sur l'environnement (l'air, le sol

et l'eau) peuvent être exprimées, selon ce document, par des **méthodes de mesure** (ou méthodes de calcul, le cas échéant) **de la lixiviation, de la dispersion ou des émissions des polluants** ainsi que par une conception appropriée de l'ouvrage. Pour divers produits de construction, les caractéristiques qu'il faut prendre en compte sont présentées. Par exemple, pour des produits utilisés « *en fondations, piles, murs externes, planchers externes, toits, matériaux granulaires* », il faut considérer les caractéristiques suivantes : « dégagement des polluants dans l'air extérieur, les sols et l'eau, compte tenu, le cas échéant, de la concentration de polluants dans le produit ; facteur de réduction des émissions obtenu par étanchement ».

Les informations pertinentes pour un produit de construction au regard de l'exigence fondamentale n° 3 font l'objet d'une déclaration sous la forme d'une Fiche de Données Environnementales et Sanitaires (FDES), évaluée par un organisme notifié. Ces FDES sont cadrées par la Norme EN 15804+A1, qui est la norme chapeau, et le complément national NF EN 15804/CN au niveau français. Elles sont aussi cadrées en fonction des règles spécifiques pour certains types de produits tel que les produits en béton (NF EN 16757) ou les sols résilients (NF EN 16810).

La Norme permet de renseigner les données environnementales du produit tout au long de son cycle de vie : consommation de ressources naturelles énergétiques et non énergétiques, consommation d'eau, émissions dans l'air, dans l'eau et le sol, production de déchets. La Norme fournit un cadre d'interprétation pour traduire ces données en impacts environnementaux : consommation de ressources énergétiques, non énergétiques, d'eau, production de déchets, contribution au changement climatique, à l'acidification atmosphérique, à la pollution de l'air et de l'eau. Elle est basée sur la méthodologie de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV).

La Norme 15804+A1 définit notamment que la FDES doit préciser les informations additionnelles suivantes (chapitre 7.4) :

« 7.4 Informations additionnelles sur le relargage de substances dangereuses dans l'air intérieur, le sol et l'eau pendant l'étape d'utilisation

#### 7.4.1 Air intérieur

Les informations suivantes doivent être fournies pour les produits exposés à l'air intérieur après leur installation dans les bâtiments pendant l'étape d'utilisation, afin d'étayer les scénarios de l'étape d'utilisation en ce qui concerne la santé au niveau du bâtiment : émissions dans l'air intérieur, conformément aux normes horizontales sur le mesurage du relargage de substances dangereuses réglementées par les produits de construction en utilisant des méthodes d'essai harmonisées conformément aux dispositions des Comités Techniques chargés de l'élaboration des Normes Européennes de produits, si elles sont disponibles.

NOTE : En l'absence de normes horizontales relatives à la mesure du relargage de substances dangereuses réglementées par les produits de construction en utilisant des méthodes d'essai harmonisées conformément aux dispositions des Comités Techniques respectifs chargés des Normes Européennes de produits, la DEP n'a pas besoin de contenir cette information.

#### 7.4.2 Sol et eau

Les informations suivantes doivent être fournies pour les produits en contact avec le sol et l'eau après leur installation dans les bâtiments pendant l'étape d'utilisation, afin d'étayer les scénarios de l'étape d'utilisation en ce qui concerne la pollution du sol et de l'eau au niveau du bâtiment : rejets dans le sol et l'eau, conformément aux normes horizontales sur le mesurage du rejet de substances dangereuses réglementées par les produits de construction en utilisant des méthodes d'essai harmonisées conformément aux dispositions des Comités Techniques chargés de l'élaboration des normes Européennes de produits, si elles sont disponibles.

NOTE : En l'absence de normes horizontales relatives au mesurage du relargage de substances dangereuses réglementées par les produits de construction en utilisant des méthodes d'essai harmonisées conformément aux dispositions des Comités Techniques respectifs chargés des Normes Européennes de produits, la DEP n'a pas besoin de contenir cette information. ».

Le complément national (NF EN 15804/CN) définit quant à lui le calcul de 2 indicateurs d'impacts environnementaux (exprimés en m<sup>3</sup>) à partir de l'inventaire du cycle de vie (c'est-à-dire des flux entrants et sortants) du système étudié :

- un indicateur d'impact sur la pollution de l'air ;
- un indicateur d'impact sur la pollution de l'eau.

Ces indicateurs sont calculés à partir du volume fictif d'air ou d'eau exprimé en m<sup>3</sup> par lequel il faudrait diluer chaque flux de l'inventaire pour le rendre conforme au seuil de l'Arrêté, et à partir de la somme des volumes fictifs ainsi calculés. Le complément national donne une liste de facteurs de caractérisation pour le calcul de l'impact spécifique à chaque substance répertoriée.

Les seuils pour la pollution de l'air et de l'eau sont définis par l'Arrêté du 2 février 1998 : article 27 pour la pollution de l'air et article 32 pour la pollution de l'eau.

Ces indicateurs permettent de prendre en compte :

- pour l'indicateur pollution de l'air, les impacts du smog hivernal et l'écotoxicité de l'air ;
- pour l'indicateur pollution de l'eau, les impacts de l'eutrophisation et de l'écotoxicité de l'eau.

#### 2.4.2 Contexte normatif relatif aux émissions de substances dangereuses dans l'eau

L'ensemble des substances dangereuses dites « réglementées », c'est-à-dire faisant l'objet d'une réglementation dans au moins un état membre, est concerné par ce Règlement. Une base de données rassemblant l'ensemble de ces substances a été établie par le groupe d'experts « substances dangereuses » (EGDS) de la Commission Européenne. Ce document, référencé DS 041, liste les substances dangereuses pour l'air, l'eau et le sol susceptibles d'être associées avec des produits de construction. Ce document est rendu public par la Commission Européenne sous le lien :

<http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cp-ds/>

En 2005, la Commission Européenne a initié un travail, concrétisé par le **Mandat M/366** adressé au CEN et par la création d'un nouveau comité technique (**CEN TC 351 Produits de construction : évaluation de l'émission de substances dangereuses**), visant à intégrer la problématique des « *émissions de substances dangereuses par les produits de construction..., qui peuvent avoir une incidence néfaste sur la santé humaine et l'environnement* ».

Le mandat réclame la préparation des normes qui vont permettre « l'évaluation de la performance en matière d'émission de substances dangereuses réglementées dans l'air intérieur, le sol, les eaux souterraines et les eaux de surface par les produits de construction, dans des conditions d'utilisation normales. Les méthodes de mesure / d'essai faisant l'objet de mandats auront, autant que possible, un caractère horizontal, c'est-à-dire applicables à une ou plusieurs familles concernées de produits de construction ». Une famille de produits de construction est définie comme étant l'ensemble des produits destinés à remplir les mêmes fonctions, une fois mis en œuvre.

D'après le Mandat M/366 du CEN, l'objectif des travaux du TC 351 consiste à développer des méthodes d'évaluation normalisées selon une approche horizontale en vue d'harmoniser les différentes approches des États membres en matière d'émission de substances dangereuses réglementées dans le cadre du Règlement 305/2011 sur les produits de construction.

La prise en compte des conditions d'utilisation projetées pour ces produits dans l'élaboration de ces méthodes est un des principaux impératifs imposés au Comité Technique (TC).

Les méthodes d'évaluation qui font l'objet des travaux du TC 351 portent sur les émissions dans l'air intérieur, le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines.

Un certain nombre de normes harmonisées sont couramment élaborées par produit de construction et domaine d'application pour évaluer la conformité des produits de construction avec les exigences fondamentales définies.

Cette procédure ne fait pas mention spécifiquement de la présence ou non de matière première issue de déchets parmi les constituants des produits ou matériaux de construction. Toutefois, certains États membres (Pays-Bas notamment) ont adopté des procédures d'évaluation environnementale qui s'appliquent de manière générale aux produits de construction et a fortiori lorsque ces produits incorporent des déchets.

D'autres réglementations peuvent être concernées par l'incorporation de matières premières issues de déchets dans la construction, par exemple la Directive sur l'eau, le Règlement sur les produits biocides, le Règlement CLP ou encore la réglementation des matériaux au contact des eaux de consommation.

### 2.4.3 Contexte normatif relatif aux émissions de substances dangereuses dans l'air intérieur

Les produits de construction peuvent être une source importante de la pollution de l'air intérieur. En Europe, il existe un nombre important de labels pour les produits à faible émissions de COV ou formaldéhydes par exemple, avec leurs propres spécificités.

L'Union Européenne travaille actuellement à l'harmonisation des pratiques des différents États membre sur l'évaluation des émissions dans l'air, au travers de travaux menés par l'action collaborative européenne « Urban air, indoor environment and human exposure ». Leur différents résultats et publications sont disponibles à l'adresse suivante :

[https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci/documents-glossary\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci/documents-glossary_en)

Pour ce qui est du contexte normatif relatif aux émissions des substances dangereuses dans l'air intérieur, les travaux du CEN TC 351 (cités précédemment) ont permis au travers du groupe de travail numéro 2 (WG 2) de publier la Norme EN 16516 (2017) sur la détermination des émissions dans l'air intérieur. Elle est basée sur la série des Normes ISO 16000 sur la qualité de l'air. Elle repose sur une méthode en chambre d'essai d'émissions (selon l'ISO 16000-9) et vise à caractériser les émissions de composés organiques volatils, semi-volatils et les émissions des formaldéhydes.

Le groupe de travail numéro 3 (WG 3) sur les radiations a, pour sa part, un référentiel (CEN/TR 17113 (2017)) sur la détermination de l'estimation dosimétrique et classification en fonction de l'émission de rayonnement gamma des produits de construction. Ce référentiel propose une méthode pour la caractérisation des concentrations d'activité du thorium 232, radium 228 et potassium 40, basée sur la Norme EN 5697. Ce référentiel est utilisé dans le cadre de la transposition de la nouvelle Directive EURATOM.

### 2.4.4 Contexte réglementaire français

La problématique de la mise sur le marché de produits de réemploi dont la compatibilité avec les règlements encadrants le contenu du produit est souvent difficilement vérifiable (Reach, RoHS2, et gaz à effet de serre fluorés dans certains cas). Le Règlement relatif aux gaz à effet de serre fluorés (Règlement (UE) n° 517/2014 du 16.04.2014) précise notamment que :

*« Les mousses et les polyols prémélangés contenant des gaz à effet de serre fluorés ne sont mis sur le marché que si les gaz à effet de serre fluorés sont identifiés au moyen d'une étiquette utilisant la nomenclature acceptée par l'industrie ou, à défaut, leur nom chimique. L'étiquette indique clairement que la mousse ou les polyols prémélangés contiennent des gaz à effet de serre fluorés. Dans le cas de plaques de mousse, cette information est indiquée de façon claire et indélébile sur les plaques. »*

Les produits mis en œuvre avant la date d'obligation de marquage ne présentent pas d'étiquette en conformité avec les règlements postérieurs à leur mise sur le marché initial. La question se pose également pour les produits en œuvre dont l'étiquette n'est aujourd'hui plus visible.

En France, le CESAT (Comité Environnemental et Santé de l’Avis Technique), groupe de travail spécifique au CSTB, a proposé en 2005 une méthode d’évaluation pour les thèmes liés aux pollutions de l’air et la santé pour les PDC<sup>2</sup>. Cette méthodologie a été prise en compte au niveau européen dans le cadre de l’harmonisation des labels et méthodologies sur les pollutions de l’air.

L’application du Règlement RPC dans le complément national de la Norme EN 15804+A1 implique l’évaluation des effets sur la santé lors de la phase d’usage et dans l’environnement intérieur de l’ouvrage selon 5 flux d’émissions : les COV, les particules viables, les particules non viables (dont les fibres), le radon et les autres gaz, et enfin les rayonnements.

Au niveau français, le complément national à la Norme 15804+A1 sur les déclarations environnementales donne des détails à titre informatif sur les données utiles à l’évaluation des caractéristiques sanitaire (annexe E de la Norme NF EN 15804/CN). Ces données concernent :

- les émissions de COV et formaldéhyde ;
- le comportement face aux micro-organismes (par exemple moisissures et bactéries) ;
- les odeurs ;
- les émissions radioactives.

Ainsi, plusieurs normes peuvent être utilisées pour déterminer ces différents éléments.

Émissions	Normes
COV et formaldéhyde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 16000-3:2011, <i>Air intérieur — Partie 3 : Dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés — Méthode par échantillonnage actif</i></li> <li>• NF ISO 16000-6:2012, <i>Air intérieur — Partie 6 : Dosage des composés organiques volatils dans l'air intérieur des locaux et chambres d'essai par échantillonnage actif sur le sorbant Tenax TA(R), désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse utilisant MS ou MS/FID</i></li> <li>• NF EN ISO 16000-9 août 2006, <i>Air intérieur — Partie 9 : dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la chambre d'essai d'émission</i></li> <li>• NF EN ISO 16000-10:2006, <i>Air intérieur — Partie 10 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la cellule d'essai d'émission</i></li> <li>• NF EN ISO 16000-11 Août 2006, <i>Air intérieur — Partie 11 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement — Échantillonnage, conservation des échantillons et préparation d'échantillons pour essai</i></li> <li>• EN 16516 :2017, <i>Détermination des émissions de substances dangereuses générées par les produits de construction dans l'air intérieur</i></li> <li>• NF EN 717-1:2005, <i>Panneaux à base de bois — Détermination du dégagement de formaldéhyde — Partie 1 : Émission de formaldéhyde par la méthode à la chambre</i></li> </ul>

<sup>2</sup> Maupetit, François (2008). Méthodologie d’évaluation des caractéristiques sanitaires et environnementales des produits de construction. Rev Mal Respir ; 25 pages 164-172.

Émissions	Normes
Micro-organismes	NF EN ISO 846:1997, <i>Plastiques — Évaluation de l'action de micro-organismes</i>
Odeurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NF EN ISO 16000-9:2006, <i>Air intérieur — Partie 9 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement — Méthode de la chambre d'essai d'émission</i></li> <li>• NF X43-103:1996, <i>Qualité de l'air — Mesures olfactométriques — Mesurage de l'odeur d'un effluent gazeux — Méthode supraliminaire</i></li> </ul>
Émissions radioactives	<i>PD CEN/TR 17113:2017 Novembre 2017 : Produits de construction. Évaluation de l'émission de substances dangereuses. Détermination de l'estimation dosimétrique et classification en fonction de l'émission de rayonnement gamma</i>

Au niveau réglementaire, on trouve les réglementations suivantes pour les émissions dans l'air intérieur de substances dangereuses par les produits de construction :

Décret n°2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils, Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.

Ces deux textes réglementaires fixent des seuils limites de concentrations d'exposition et des classes correspondantes.

La Directive 2013/59 EURATOM du conseil du 5 décembre 2013 fixe les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants et abrogeant les Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 97/43/Euratom, et 2003/122/Euratom.

### 2.4.5 Permis d'innover

Au cours de ces dernières années, des mesures visant à assouplir certaines règles de la construction, dans le cadre d'expérimentations, ont été introduites dans le droit français.

La Loi n° 2016-925 du 7 juillet 2016 relative à la liberté de la création, à l'architecture et au patrimoine – dite Loi CAP est à l'origine de ces mesures, avec l'article suivant :

Art. 88-1 : « À titre expérimental et pour une durée de sept ans à compter de la promulgation de la présente Loi, l'État, les collectivités territoriales ainsi que leurs groupements et les organismes d'habitations à loyer modéré mentionnés à l'article L. 411-2 du Code de la Construction et de l'Habitation peuvent, pour la réalisation d'équipements publics et de logements sociaux, déroger à certaines règles en vigueur en matière de construction dès lors que leur sont substitués des résultats à atteindre similaires aux objectifs sous-jacents aux dites règles. »

L'objectif de cet article de Loi consiste à faciliter la créativité dans les champs de la transition écologique, du numérique, de l'évolution des usages ou encore des bâtiments modulables. Son périmètre concerne les projets soumis à permis de construire dans les périmètres d'OIN (Opérations d'Intérêt National).

En décembre 2017, trois Établissements Publics d'Aménagement ont pris l'initiative de lancer un Appel à Manifestation d'Intérêt conjoint, dit AMI « permis d'innover » : Bordeaux Euratlantique, Marseille Euroméditerranée, Grand Paris Aménagement (3 OIN à enjeux acoustiques, coûts de construction, logements et activités en site occupé, pollution, ...).

Le 6 septembre 2018, huit lauréats ont été sélectionnés dont :

- CERIB : béton recyclé avec un taux élevé de granulats de recyclage local
- CYME – FCBA : préservation de la durabilité biologique du bois de construction sans traitement chimique

Les autres projets concernent l'habitat réversible, la réutilisation des eaux usées et pluviales, l'optimisation bioclimatique, la réception de colis et courrier.

Le 23 novembre 2018, la Loi 2018-1021 portant évolution du logement, de l'aménagement et du numérique (ELAN) a été promulguée. Dans son titre premier (« Construire plus, mieux et moins cher »), cette Loi permet d'étendre le périmètre de l'article 88 de la Loi CAP aux Grandes Opérations d'Urbanisme (opérations dont la réalisation requiert un engagement conjoint spécifique de l'État et d'une collectivité territoriale ou d'un établissement public cocontractant en raison de ses dimensions ou de ses caractéristiques).

D'autre part, le 11 août 2018 a été publiée la Loi ESSOC pour un « État au service d'une société de confiance » qui prévoit la réécriture du Code de la Construction, et notamment une Ordonnance définissant le permis d'expérimenter.

Cette Ordonnance, publiée le 31 octobre 2018, s'applique à l'ensemble des maîtres d'ouvrage publics comme privés qui réalisent une opération de construction de bâtiment nécessitant la délivrance d'un permis de construire ou d'aménager, et définit les règles de construction concernées par la dérogation.

Il s'agit de :

- la sécurité et la protection contre l'incendie pour les bâtiments d'habitation et les établissements recevant des travailleurs, en ce qui concerne la résistance au feu et le désenfumage ;
- l'aération ;
- l'accessibilité du cadre bâti ;
- la performance énergétique et environnementale, ainsi que les caractéristiques énergétiques et environnementales ;
- les caractéristiques acoustiques ;
- la construction à proximité de forêts ;
- la protection contre les insectes xylophages ;
- la prévention du risque sismique ou cyclonique ;
- les matériaux et leur réemploi.

Selon l'article 5 de cette Ordonnance, l'équivalence des résultats obtenus et le caractère innovant des moyens employés doivent être vérifiés par un organisme de contrôle agréé agissant avec impartialité et sans aucun lien, pour l'opération en cause, avec le maître d'ouvrage ou le constructeur, qui soit de nature à porter atteinte à leur indépendance.

Cette Ordonnance vient abroger l'article 88-1 de la Loi CAP.

### 3 Identification des principaux gisements de déchets concernés

Le champ des déchets potentiellement incorporables dans des produits de construction est vaste compte tenu de la diversité de nature des déchets et de la diversité de composition des produits et matériaux de construction. L'identification des gisements présentés dans ce chapitre s'appuie sur le croisement des sources suivantes :

- Les grands gisements de déchets minéraux connus pour leur incorporation de longue date dans les liants hydrauliques ou pouzzolaniques
- Les gisements de déchets minéraux produits en grande masse
- Les retours d'expérience respectifs de PROVADEMSE et du CSTB

Les enjeux spécifiques associés à la valorisation de ces déchets en construction en termes d'impact environnemental et leurs filières de traitement ou de prétraitements sont également présentés.

#### 3.1 Gisements minéraux historiques

Les matières premières secondaires qui sont largement employées depuis plusieurs dizaines d'années pour la constitution de granulats et de produits d'addition pour bétons, dites « MPS historiques » sont rappelées ci-dessous.

##### 3.1.1 Cendres volantes de centrale thermique au charbon

- *Présentation et caractéristiques*<sup>3, 4</sup>

La production d'énergie électrique dans les centrales thermiques au charbon s'accompagne d'une production de cendres véhiculées par les fumées de combustion. 70 à 90 % des cendres sont sous forme de « cendres volantes » sphériques très fines principalement constituées de particules vitrifiées (alumino-silicates de fer ou de calcium) et sont retenues en grande partie au niveau d'un dépoussiéreur.

Selon les types de charbon et le type de chaudière utilisés, on obtient des cendres volantes de différentes natures – siliceuses, silico-calciques ou calciques – avec des propriétés pouzzolaniques et/ou hydrauliques latentes.

La cendre **volante siliceuse** est constituée principalement de particules sphériques vitrifiées ayant des propriétés pouzzolaniques. La cendre **volante calcique** est une poudre fine ayant des propriétés hydrauliques et pouzzolaniques. Elle est composée essentiellement de chaux réactive (supérieure à 5 % en masse), de silice réactive et d'alumine. Le restant contient de l'oxyde de fer et d'autres oxydes. La quantité de chaux (CaO) dans ce type de cendres est élevée, c'est pourquoi elles sont susceptibles de faire prise sans liant, seulement au contact de l'eau (d'où leur nom : cendres hydrauliques) et dégagent de la chaleur en s'hydratant.

Les cendres volantes sont des déchets non dangereux, suivant les réglementations en vigueur.

---

<sup>3</sup> Valorisation des cendres issues de la combustion de biomasse. Revue des gisements et des procédés associés. Étude RECORD N°14-0913/1A.

<sup>4</sup> Méhu, J. (2005). Incorporation de matières premières secondaires (MPS) dans les matériaux et produits de construction, ADEME.

Étude RECORD n°18-0165/1A

- *Gisement*<sup>5</sup>

Les cendres volantes de charbon sont pour la plupart produites par deux grands groupes : Électricité de France (EDF) et UNIPER ; elles sont commercialisées respectivement par EDF et Surschiste.

La production de cendres dites « fraîches » est de l'ordre de 300- 500 t/an, et le stock représente une ressource mobilisable de l'ordre de 8 Mt sur l'ensemble du territoire (CEREMA, 2018).

Les centrales à charbon françaises représentent actuellement 1,4 % de la production nationale et le plan climat annoncé le 6 juillet 2017 par Nicolas Hulot prévoyait l'arrêt des dernières centrales à charbon d'ici 2022 ou leur évolution vers des solutions moins carbonées (utilisation de combustibles alternatifs par densification de biomasse végétale prioritairement issue du territoire (déchets verts ligneux non valorisables, bois B, CSR...).

De nouveaux gisements de cendres de biomasse pourraient venir se substituer à une partie du gisement de cendres de charbon en cours d'épuisement.

- *Principales utilisations*<sup>6, 7, 8</sup>

Les trois types de cendres volantes (siliceuses, silico-calciques ou calciques) sont utilisés dans la production de bétons et de ciments composés dans certains pays européens, en fonction de l'expérience et de la tradition nationale.

Les possibilités d'emploi des cendres volantes – notamment des cendres silico-alumineuses – sont très étendues dans les fonctions de liants ou de granulats principalement :

- Utilisation dans les liants et les ciments
- Utilisation dans la fabrication des bétons
- Utilisation en remblais et couche de forme dans les domaines routiers et ferroviaire
- Utilisation en structure de chaussée

Entre 2016-2018 en France, les cendres ont été valorisées à 50 % dans la fabrication de béton, 30 % en ciment et 15 % en technique routière.

Les cendres volantes siliceuses peuvent être intégrées dans les bétons et mortiers, et venir en substitution du ciment. La Norme NF EN 450-1 d'octobre 2012 « Cendres volantes pour béton – Partie 1 : définition, spécifications et critères de conformité » définit les exigences relatives aux propriétés chimiques et physiques ainsi qu'aux modes opératoires de contrôle de la qualité pour les

---

<sup>5</sup> <http://www.journaldelenvironnement.net/article/les-cendres-de-charbon-reviennent-sur-le-devant-de-la-scene,10474>

<sup>6</sup> <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3/valorisation-des-sous-produits-industriels-en-genie-civil-42826210/utilisation-des-sous-produits-industriels-les-cendres-volantes-c5374>

<sup>7</sup> Moustapha Sow. Réalisation d'éco-ciments par la valorisation de cendres volantes de charbon non conventionnelles issues de centrales thermiques Spreader Stoker. Matériaux composites et construction. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 2016. Français. <NNT : 2016TOU30354>. <tel-01761414

<sup>8</sup> Technique de l'ingénieur. Utilisation des sous-produits industriels-Les cendres volantes-Des possibilités d'emploi très diversifiées

endres volantes siliceuses utilisées comme addition de type II pour la production de béton, en accord avec l'EN 206-1 « Béton – Partie 1 : spécification, performances et conformité (2005) ».

Les endres volantes, employées avec un taux de 80 à 100 kg/m<sup>3</sup> de béton, améliorent certaines caractéristiques du béton, telles que l'allègement des produits préfabriqués pour un taux de cendres supérieur à 7 %, ou l'augmentation de la résistance et de la pérennité des bétons durcis.

En dehors des utilisations classiques comme les ajouts dans le ciment ou pour permettre la formulation de certains bétons, les endres volantes trouvent aussi des applications dans d'autres domaines de la construction. Elles peuvent être employées pour la réalisation de liants hydrauliques routiers, en terrassement pour la création de remblais, de couches de formes ou de couches de chaussées (fondations et bases). À ce niveau, les endres permettent en particulier d'améliorer les caractéristiques mécaniques des sols en place. Enfin, les endres permettent la formulation de coulis d'injection destinés à la stabilisation des sols.

Pour les usages routiers, les endres volantes silico-alumineuses doivent répondre aux spécifications définies dans les Normes NF EN 14227 parties 1, 2, 3, et 5 (révisées en août 2013) relatives aux mélanges granulaires traités aux liants hydraulique, et notamment la Norme NF EN 14 227-3 « Mélanges traités aux liants hydrauliques – Spécifications – Partie 3 : Mélanges traités à la cendre volante » et NF EN 14 227-4 « Mélanges traités aux liants hydrauliques – Spécifications – Partie 4 : Cendre volante pour mélanges traités aux liants hydrauliques ».

Pour des raisons économiques, les endres sont utilisées à proximité des sites de production et offrent une solution technique à privilégier.

- *Contexte réglementaire*

Les endres volantes de centrales thermiques sont considérées comme « déchet » dans la liste du Décret n° 2002-540 du 18.04.2002 relatif à la classification des déchets, et sont classées en tant que Résidu de Procédé Thermique (RPT). Elles ne sont pas considérées comme un déchet dangereux.

En l'absence de réglementation dédiée aux applications, l'utilisation de cendres volantes en technique routière peut être évaluée via la démarche décrite dans le guide méthodologique « Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière » (Guide SETRA, 2011).

### 3.1.2 Fumées de silice<sup>9 10</sup>

- *Présentation et caractéristiques*

Les fumées de silice sont issues des dispositifs de traitement des fumées de l'électrometallurgie du silicium (fabrication du silicium, du ferro-silicium et des silico-alliages). Les alliages de silicium et de ferro-silicium sont fabriqués à partir d'un mélange de quartz (SiO<sub>2</sub>), de charbon (ou coke de pétrole) et de copeaux de bois. Pour la fabrication du ferro-silicium, des tournures d'acier sont ajoutées au mélange. Celui-ci est acheminé dans un four à arc électrique, dont la puissance peut monter jusqu'à environ 30 MW, et dans lequel s'effectue la réduction du quartz. Le métal en fusion est ensuite affiné par injection d'air pour oxyder l'aluminium et le calcium. Différents alliages sont alors produits et le métal est coulé dans des moules de refroidissement. Les réactions intermédiaires conduisant à la réduction du silicium produisent aussi une très fine poussière de silice amorphe qui est entraînée par les gaz chauds (essentiellement air et dioxyde de carbone) émis par le four ; ces gaz sont filtrés pour recueillir la poussière de silice amorphe. La poussière est ensuite densifiée pour en faciliter la manipulation, le stockage et le transport. Pour une tonne de silicium fabriquée, 250 kg de fumées de silice sont produites.

- *Gisement*

La société Ferropem<sup>®</sup>, filiale du groupe Ferroatlantica, produit 130 000 tonnes de fumées de silice par an à partir de 9 sites situés en France et en Espagne. La société Condensil<sup>®</sup> commercialise la fumée de silice produite par Ferropem pour les applications relatives au béton (source Mémento Silice industrielle, BRGM (2016)).

- *Principales utilisations*

Ces déchets pulvérulents, riches en silice amorphe, possèdent des propriétés pouzzolaniques (aptitude d'un matériau à se combiner avec la chaux à température ambiante et en présence d'eau) intéressantes. Les principales voies de valorisation des fumées de silice sont :

- Utilisation en tant qu'additif dans les bétons, permettant d'obtenir de bonnes performances mécaniques pour les bétons à hautes, très hautes et ultra hautes performances.
- Utilisation dans la fabrication de ciment.

L'incorporation de fumées de silice (sous forme de poudre densifiée ou sous forme de « slurry ») dans les bétons conduit à des améliorations remarquables des caractéristiques rhéologiques et mécaniques des bétons. Pour les bétons frais, la fumée de silice supprime les tendances au ressuage ou à la ségrégation tout en réduisant les chaleurs d'hydratation. Pour les bétons durcis, la finesse de la fumée de silice permet de créer une microstructure très dense qui conduit à des bétons extrêmement

---

<sup>9</sup> La fumée de silice : l'addition incontournable pour des bétons durables. Revue Solution Béton (2011). Accessible via <https://www.infociments.fr/sites/default/files/article/fichier/SB-OA-2011-3.pdf>.

<sup>10</sup> Mémento Silice industrielle, BRGM (2016).

Accessible via [http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Mementos\\_RMI/rp-66167-fr\\_final.pdf](http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Mementos_RMI/rp-66167-fr_final.pdf).

compacts, à caractéristiques mécaniques élevées. Ces bétons ont ainsi une résistance nettement renforcée vis-à-vis des agents ou phénomènes agressifs (attaques chimiques, abrasions, gel / dégel...). L'incorporation de fumées de silice dans les bétons à haute performance est encadrée par la Norme NF EN 13263-1 (Fumée de silice pour béton – Partie 1 : définitions, exigences et critères de conformité). Celle-ci présente les caractéristiques physico-chimiques et les critères de conformité requis par la fumée de silice pour pouvoir être utilisée en tant que produit d'addition du béton de type II conforme à la Norme EN 206-1, des mortiers, des coulis ou d'autres mélanges.

- *Réglementation*

La fumée de silice est un sous-produit enregistré dans le cadre du Règlement REACH (N°1907/2006/EC) sur l'Enregistrement, l'Évaluation et l'Autorisation des Substances Chimiques au sein de l'espace économique européen.

La fumée de silice (sous forme de poudre ou de slurry) produite par la société Ferropem® fait l'objet d'un marquage CE depuis 2006, garantissant qu'elle répond aux exigences du Règlement des Produits de Construction.

### 3.1.3 Laitiers de hauts-fourneaux (LHF) <sup>11 12</sup>

- *Présentation et caractéristiques*

Les laitiers regroupent un certain nombre de co-produits industriels issus de l'élaboration de la fonte en haut-fourneau. Ils sont formés principalement par les éléments de gangue des minerais de fer. Le laitier flotte par différence de densité avec la fonte liquide et peut être isolé après soutirage de la fonte. Deux formes de laitiers avec des caractéristiques physico-chimiques différentes peuvent être obtenues selon la technique de refroidissement qui lui est appliquée :

- Le laitier cristallisé est obtenu suite à un d'un refroidissement lent en fosse de coulée suivi d'une préparation mécanique par concassage ;
- Le laitier vitrifié est dirigé dans un dispositif dans lequel il subit un arrosage violent et abondant d'eau sous haute pression (trempe) destiné à le vitrifier (laitier vitrifié granulé). Il peut également être trempé à l'air en le pulvérisant, on obtiendra dans ce cas un laitier vitrifié « bouleté ».

Ces deux formes de laitiers sont principalement orientées vers les filières de gestion suivantes :

- LHF cristallisés : comme granulats pour couches de chaussées ou dans les graves-laitiers.
- LHF granulés (vitrifiés) : en tant que constituants dans la fabrication des ciments et des liants hydrauliques routiers, et comme additif dans la fabrication des bétons.

---

<sup>11</sup> <http://www.ctpl.info/presentation/les-laitiers-siderurgiques/>.

<sup>12</sup> Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière- Les laitiers sidérurgiques (2012), accessible via <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/acceptabilite-environnementale-materiaux-alternatifs>.

- **Gisement** <sup>13</sup>

3 millions de tonnes de laitiers de haut-fourneau ont été produits en France en 2017, quantité stable par rapport aux 2 années précédentes.

- **Principales utilisations**

- **Laitier cristallisé**

Il présente d'excellentes propriétés mécaniques appréciées en construction routière.

Les usages du laitier cristallisé sont généralement ceux des roches naturelles de mêmes caractéristiques physico-chimiques : granulats pour bétons, pour enrobés bitumineux, pour graves traitées au liant hydraulique, ballast, etc. Ils sont couverts par les mêmes normes « granulats » françaises et européennes. Ce matériau possède la fois une résistance mécanique élevée et une conductivité thermique faible. En effet, à épaisseur égale, les bétons de granulats de laitier cristallisé sont deux fois plus isolants que les bétons classiques, ce qui présente un avantage indéniable pour la protection au feu des aciers de structure (DTU199-CSTB).

- **Laitier vitrifié**

Le laitier granulé de haut-fourneau moulu est utilisé soit comme composant du ciment, soit comme addition dans le béton en substitution du ciment. Le laitier apporte au béton une excellente durabilité et une résistance à long terme élevée.

La Norme NF EN 15167-1 (Laitier granulé de haut-fourneau moulu pour utilisation dans le béton, mortier et coulis – Partie 1 : définitions, exigences et critères de conformité) définit les spécifications techniques pour l'utilisation de laitiers vitrifiés dans les bétons hydrauliques.

Les laitiers vitrifiés sont également largement employés en tant que liant hydraulique routier.

Les laitiers peuvent être également utilisés pour constituer des graves traitées conformément à la Norme NF EN 14227-2 (Mélanges traités aux liants hydrauliques - Spécifications – Partie 2 : Mélanges traités au laitier) ou bien pour le traitement de sol, conformément à la Norme NF EN 14227-12 (Mélanges traités aux liants hydrauliques - Spécifications - Partie 12 : sol traité au laitier).

Les laitiers vitrifiés sont également largement employés en tant que liant hydraulique routier.

- **Réglementation** <sup>14</sup>

Selon [l'annexe 2 de l'article R541-8](#) du Code de l'Environnement relative à la classification des déchets, les laitiers de haut-fourneau sont classés comme déchets non dangereux issus de procédés thermiques (rubrique 10 02 01).

---

<sup>13</sup> Flux de laitiers de haut-fourneau en France. Enquête nationale du CTPL (mars 2018).

<sup>14</sup> Les laitiers d'aciérie : un matériau d'avenir ! Techniques de l'Ingénieur (2013).

Le guide d'application « Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Les laitiers sidérurgiques (2012) » vise à fournir aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre, publics et privés, ainsi qu'aux entreprises, les prescriptions et exigences opérationnelles relatives à l'acceptabilité environnementale des matériaux alternatifs fabriqués à partir de laitiers sidérurgiques, et destinés à être utilisés en technique routière.

Remarque concernant les laitiers d'aciérie :

La charge environnementale des laitiers d'aciérie, sur la base de leur statut juridique actuel, est nulle. Si, pour leur majorité, ils sont conformes aux critères de fin de statut de déchet (Art. 6 Directive 2008/98 CE) et peuvent être considérés comme des matériaux valorisés, leur Déclaration Environnementale Produit (EPD – Environmental Product Declaration – prEN 15804:2011) en tant que matières secondaires témoigne d'un impact plus faible que celle des matériaux de démolition / déconstruction et similaire à celle des granulats naturels.

Les laitiers d'aciérie ont également été enregistrés dans le cadre du Règlement REACH et les tests réalisés ont démontré que ceux-ci ne sont ni toxiques, ni écotoxiques. Seul leur pH basique, par ailleurs similaire à celui des mâchefers (MIDND) ou des granulats de béton recyclé, incite à les employer avec précaution à proximité d'eaux stagnantes.

### 3.1.4 Sables de fonderie <sup>15</sup>

- *Présentation et caractéristiques*

Liés avec des argiles (procédé de sables à vert) ou des résines (procédé de sables à prise chimique), les sables de fonderie sont utilisés pour confectionner respectivement des moules et des noyaux dans lesquels sont coulés les métaux en fusion. Après l'opération de démoulage des pièces métalliques, une grande partie des sables est réutilisée sur place par régénération, tandis que les sables usés de fonderie résiduels (nommés également « sables rejetés », « vieux sables » ou « sables brûlés ») doivent être éliminés. À ce stade, le « sable usé » est considéré comme un déchet de fonderie et peut éventuellement suivre une autre voie de recyclage. Ces sables usés sont classés en fonction de leur teneur en phénols.

On distingue donc :

- les sables imbrûlés contenant des liants organiques de synthèse ;
- les sables contenant des liants organiques de synthèse brûlés au cours de leur utilisation ;
- les sables ne contenant que des liants organiques naturels ou des liants minéraux.

- *Gisement* <sup>16</sup>

La quantité de sables usés, disponibles pour une réutilisation en génie civil, est de l'ordre de 120 000 t/an en France, répartie sur 127 fonderies.

---

<sup>15</sup> <http://www.ctif.com/un-guide-sur-la-valorisation-des-sables-de-fonderie-en-technique-routiere/>.

<sup>16</sup> Économie Circulaire – Projet valorisation croisés de co-produits industriels, CERIB (2016).

- **Principales utilisations**

Les possibilités de valorisation des sables de fonderie contenant des liants organiques de synthèse reposent uniquement sur la teneur en phénols du lixiviat préparé dans les conditions du test normalisé AFNOR X31-210. Les sables de fonderie peuvent être utilisés :

- Comme remblais si leur teneur en phénols lixiviables est inférieure à 1 mg/kg de sable sec ;
- Pour la fabrication de produits à base de liants hydrauliques si leur teneur en phénols lixiviables est inférieure à 5 mg/kg de sable sec ;
- Dans des procédés aptes à détruire les liants organiques (tuileries, briqueteries, cimenteries), quelle que soit leur teneur en phénols lixiviables, sous réserve que les installations correspondantes bénéficient des autorisations nécessaires au titre de la législation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement.

- **Réglementation** <sup>15</sup>

Le secteur de la fonderie est encadré par l'Arrêté du 16 juillet 1991 relatif à l'élimination des sables de fonderie contenant des liants organiques de synthèse.

Les sables de fonderie sont des déchets pouvant être dangereux ou non dangereux d'après la liste des déchets établie dans l'annexe II de l'article R541-8 du Code de l'Environnement :

Type de déchet	Statut	Code	Appellation
Sable à vert et sable à prise chimique	Non dangereux	10 09 12	Autres fines non visées à la rubrique 10 09 11
	Dangereux	10 09 11*	Autres fines contenant des substances dangereuses

Le guide d'application « Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Sables de fonderie » prévu pour 2018 vise à fournir aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre, publics et privés, ainsi qu'aux entreprises, les prescriptions et exigences opérationnelles relatives à l'acceptabilité environnementale des matériaux alternatifs fabriqués à partir de sables de fonderie, et destinés à être utilisés en technique routière.

Dans ce contexte, le Centre Technique des Industries de la Fonderie (CTIF) et la Fédération Forge Fonderie (FFF) ont saisi l'opportunité de réaliser un guide dédié à la valorisation d'un déchet spécifique de la profession : les sables de fonderie en technique routière. Le guide s'adresse aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre, à la DREAL et aux fondeurs, pour notamment encadrer le contrôle et le suivi de la qualité environnementale des sables de fonderie pour une valorisation en technique routière.

## 3.2 Gisements minéraux produits en grande masse

Le réemploi de déchets minéraux produits en grande masse est soumis à des règles de conformité relatives notamment à l'émission de substances dangereuses dans l'eau. Les principaux sont les Mâchefers d'Incinération de Déchets Non Dangereux (MIDND), les granulats de béton recyclé et les sédiments de dragage.

### 3.2.1 MIDND <sup>17 18 19</sup>

- *Présentation et caractéristiques*

Les Mâchefers d'Incinération de Déchets Non Dangereux (MIDND) désignent le résidu solide obtenu après combustion de déchets non dangereux dans des Unités d'Incinération de Déchets Non Dangereux (UIDND). Les déchets non dangereux sont principalement composés d'Ordures Ménagères (OM) ainsi que de Déchets d'Activités Économiques (DAE) en plus petite quantité.

Les opérations visant à améliorer l'homogénéité et la qualité des mâchefers en vue de leur utilisation sont les suivantes :

- Le criblage, éventuellement complété par un concassage, afin d'obtenir des granulats,
- Le retrait des métaux ferreux par over-band,
- Le retrait des métaux non-ferreux par courant de Foucault,
- Le retrait des imbrûlés résiduels (papiers, cartons et plastiques) par soufflage.

La composition élémentaire et les caractéristiques physico-chimiques des MIDND dépendent de la composition des déchets incinérés, de la volatilité des éléments, du processus d'incinération (type de four et conduite) et de l'efficacité des opérations de retrait citées précédemment. Elles sont donc variables dans le temps pour une même installation, et variables d'une installation à une autre.

- *Gisement*

En Europe, la production de mâchefers (bruts) a été estimée à environ 18 millions de tonnes par an en 2014 et à plus de 3 millions de tonnes par an en France. <sup>19</sup>

---

<sup>17</sup> Gonzalez, L. (2014). Gestion et valorisation des MIDND: étude du comportement des polluants inorganiques traces au cours de la maturation et en fonction de la granulométrie INSA de Lyon.

<sup>18</sup> Recueil d'exemples de chantiers ayant valorisé des mâchefers. Série technique Amorçage DT65, ADEME 8481 (2014).

<sup>19</sup> Qualité et devenir des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux, Étude RECORD N°13-0241/1A (2015).

- *Principales utilisations*<sup>20</sup>

La principale voie de valorisation des MIDND est la valorisation en technique routière (84 % en 2015). Les mâchefers traités dans des installations de maturation et d'élaboration en vue d'une valorisation en technique routière sont désignés par l'appellation « graves de mâchefers ». Ceux-ci peuvent être utilisés en remblai ou en couche de forme. Pour ces deux applications, les contacts entre les mâchefers élaborés et les eaux météoriques devront être limités afin d'éviter une lixiviation des polluants.

Compte tenu de l'évolution des traitements des mâchefers, d'autres filières de valorisation pourraient être envisagées en construction (valorisation comme matière première en cimenterie, comme constituants secondaires des ciments, ou comme granulats pour bétons), mais restent à l'heure actuelle techniquement et/ou économiquement défavorables.

- *Réglementation*<sup>19</sup>

Bien que plusieurs Directives Européennes aient été établies afin d'uniformiser le traitement des déchets dans les différents pays membres, aucun texte européen ne s'applique spécifiquement aux mâchefers. Les règles générales décrites dans la Directive Cadre 2008/98/CE sur le traitement des déchets et la Directive 700/76/CE sur l'incinération des déchets s'appliquent donc aux mâchefers.

Les conditions de valorisation et le taux de valorisation des mâchefers élaborés diffèrent selon les États membres. Ils restent principalement utilisés pour des travaux routiers ou des travaux de génie civil. Les pays européens qui ont actuellement un cadre réglementaire avec des conditions de valorisation définies sont : l'Espagne, la France, les Pays-Bas, le Royaume-Uni.

La réglementation en Allemagne, Danemark, Pays-Bas et Suède impose un fort taux valorisation, respectivement 85 % et 100 %, autorisant l'incorporation des mâchefers dans des matériaux de construction pour la réalisation de digues, parkings, et même de bâtiments. À contrario, la Suisse et l'Autriche n'autorisent pas la valorisation des mâchefers.

En France, la valorisation des mâchefers est uniquement autorisée en technique routière est encadrée par l'Arrêté Ministériel du 11 novembre 2011 relatif au recyclage en technique routière des Mâchefers d'Incinération de Déchets Non Dangereux (MIDND). Le MIDND y est défini comme un déchet provenant de l'extraction des matières solides en sortie de four des installations de traitement thermique de déchets non dangereux relevant de la rubrique ICPE 2771 ou des installations de traitement thermique de déchets non dangereux et des DASRI relevant des rubriques 2770 et 2771 si les DASRI et les déchets non dangereux sont incinérés en mélange et si la quantité de DASRI est inférieure à 10 % de la quantité de déchets incinérés.

Le guide d'application « Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière – Les mâchefers d'incinération de déchets non dangereux (MIDND) » paru en 2012 définit les critères environnementaux à respecter dans le cadre de l'utilisation en technique routière de granulats produits à partir de MIDND.

---

<sup>20</sup> Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière – Les mâchefers d'incinération de déchets non dangereux (MIDND) Guide Sétra-CEREMA publié en 2012.

### 3.2.2 Granulats de béton recyclé <sup>21 22 23</sup>

Les déchets de déconstruction et de démolition constituent un des gisements les plus importants en France, de l'ordre de 227,5<sup>24</sup> millions de tonnes par an (déchets et déblais en 2014). Le Ministère de l'Écologie estime la production annuelle des déchets du bâtiment à 38,2 millions de tonnes, dont 27,6 Mt de déchets inertes, 10,2 Mt de déchets non dangereux et 0,4 Mt de déchets dangereux. Leur gestion est un des enjeux majeurs identifiés au niveau national à travers les mesures spécifiques de la Feuille de Route Économie Circulaire visant à renforcer le tri, le réemploi et la valorisation des déchets du BTP, et envisageant la création d'une filière spécifique de responsabilité élargie du producteur (REP). Parmi ces déchets figurent les granulats de béton.

#### Granulats de béton cellulaire

- *Présentation et caractéristiques*

Les granulats de béton cellulaire peuvent provenir de 2 sources :

- Les rebuts de production (produits défectueux ou chutes de découpe)
- La récupération des blocs de béton cellulaire sur chantier pendant la déconstruction

En France, les constituants autorisés pour une incorporation dans du béton conforme à la Norme NF EN 206/CN sont le ciment, les granulats, les fillers, l'eau de gâchage, les adjuvants, les additions. Des unités de production de granulats légers à partir de chutes de béton cellulaire existent en France depuis fin 2015.

- *Principales utilisations*

Les granulats de béton cellulaire peuvent venir en substitution des granulats légers de type pouzzolane, argile et schiste expansés, bille de polystyrène, pierre ponce, pour la confection de béton léger (masse volumique inférieure à 2 000 kg/m<sup>3</sup>).

- *Gisement*

Il existe 4 sites en France générant des rebuts de production, basés à Valenciennes (59), Saint-Savin (38), Montereau-Fault-Yonne (77) et Mios (33).

#### Granulats de béton de déconstruction

- *Présentation et caractéristiques*

Les granulats de béton de déconstruction proviennent des Déchets de Construction et de Démolition (DCD). Les Granulats de Béton Recyclé (GBR) proviennent généralement d'ouvrages démolis. Ils contiennent une large variété de bétons de composition et de propriétés différentes associés à une plus ou moins grande proportion de corps étrangers (brique en terre cuite, enrobés bitumineux, verre, plâtre, ...). Si les constituants tels que le plastique, le bois, le métal et les matériaux de couverture sont facilement extraits des GBR, la céramique, les enrobés et la pierre restent présents dans ces granulats.

---

<sup>21</sup> Réutilisation de matières premières secondaires dans les bétons, rapport de veille du CERIB (2014).

<sup>22</sup> Le béton recyclé, IFFSTAR, novembre 2018.

<sup>23</sup> Déchets de démolition et de déconstruction : gisements, caractéristiques, filières de traitement et valorisation.

<sup>24</sup> DATA LAB 2014. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/>.

Les GBR sont donc traités afin d'améliorer leur uniformité et de réduire les contaminants, en fonction de leur réutilisation.

Ces granulats présentent en général des caractéristiques physico-chimiques (teneurs en sulfates et sulfure provenant du plâtre, teneur en matières organiques) ainsi qu'une porosité et une absorption d'eau plus élevées que celles des granulats naturels. Ces caractéristiques limitent donc leur emploi à une substitution partielle des granulats naturels.

- *Principales utilisations* <sup>27 28</sup>

La majorité des granulats de béton recyclé est actuellement réutilisée en remblais et en sous-couche de chaussées (estimation 80 %). Les « graves de déconstruction » sont élaborés dans des centres de recyclage soumis à la réglementation ICPE où les GBR peuvent subir des prétraitements afin d'obtenir des niveaux de qualité approchant ceux des matériaux naturels auxquels ils peuvent se substituer. <sup>25</sup> Le guide méthodologique « Acceptabilité environnementale des matériaux alternatifs en technique routière, les matériaux de déconstruction issus du BTP », paru en 2016, précise le classement environnemental des graves de valorisation et permet de déterminer leurs utilisations par type d'usage. <sup>26</sup>

Cependant, il y a en Europe de moins en moins de nouvelles routes à construire, mais plutôt des travaux d'entretien qui concernent les couches supérieures de la chaussée qui ne nécessitent qu'une faible quantité de granulats. Par ailleurs, d'autres déchets peuvent être utilisés en sous-couche routière (MIDND par exemple). La ressource en granulats recyclés s'accroît donc alors que son usage routier se rétrécit.

Le projet national RECYBETON, dont les conclusions viennent de paraître en novembre 2018, ouvre de nouvelles perspectives pour la valorisation des GBR comme matières premières secondaires dans les bétons. Ainsi l'intégralité des matériaux issus des bétons déconstruits, y compris la fraction fine, peut être utilisée dans de nouveaux bétons.

La Norme NF EN 206-1/CN, publiée en décembre 2012, autorise, dans le secteur du bâtiment, 20 % de substitution de gravillons naturels par des gravillons recyclés dans des bétons soumis à des classes d'expositions courantes. Ce pourcentage pourrait être de 30 % d'après les études réalisées dans le cadre de RECYBETON.

Des normes d'essais complémentaires à celles applicables aux granulats naturels ont été développées spécifiquement pour les granulats recyclés :

- NF EN 1744-4 : mesure de la teneur en sulfates solubles dans l'eau afin de déterminer la présence de plâtre dans les granulats recyclés
- NF EN 1744-5 : mesure de la teneur en chlorures solubles dans l'acide
- NF EN 1744-6 : détermination de l'influence des constituants sur le temps de prise
- NF 33-11 : classification des constituants des granulats recyclés

Il existe en France de sites de production de granulats recyclés. GRANUDEM est un site de transformation de gravier et de sable recyclés lavés. Il transforme les blocs et gravats de béton issus de chantiers de démolition en sable et en gravier qui sont ensuite réinjectés dans le processus de fabrication du béton. Le site produit des matières premières respectant les attentes des professionnels du bâtiment, validés par le CERIB. Différents tests ont été réalisés afin de démontrer les grandes qualités des matériaux GRANUDEM, dont les propriétés sont caractérisées par cet organisme selon des essais de la Norme NF EN 12620.

---

<sup>25</sup> Graves de valorisation - Graves de déconstruction, Guide CEREMA Centre-Est, Avril 2014.

<sup>26</sup> Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Les matériaux de déconstruction issus du BTP. Guide CEREMA, 2016.

Dans l'optique de recycler du béton dans le béton, le centre de ressources MaTerrio.construction créée à l'initiative de la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP) et de l'Union Nationale des Industries des Carrières Et de Matériaux de construction (UNICEM), avec le soutien de l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), met à disposition des outils de types documentaire et cartographique pour favoriser le recyclage et la valorisation des déchets inertes de la construction, et plus largement de promouvoir l'économie circulaire.<sup>27</sup>

- *Gisement*<sup>25</sup>

À l'échelle européenne, 196 millions de tonnes de granulats de bétons recyclés ont été produites en 2015, la plupart à partir des déchets de construction et de démolition (DCD).

La part de granulats recyclés est estimée à seulement 10 % de la production nationale totale de granulats. Certains pays européens comme l'Allemagne, les Pays-Bas, le Danemark, la Norvège ou la Suisse, réalisent déjà des bétons de structure incorporant du granulats recyclé.

Une augmentation du flux de granulats de béton recyclé est attendue dans les prochaines années, car de nombreux bâtiments résidentiels et d'ouvrages construits dans les années 50 et 60 arrivent en fin de vie. La nécessité de réduire la dépense énergétique globale dans les bâtiments implique en effet la rénovation, la démolition et la reconstruction de nombreux bâtiments anciens.

- *Réglementation*

L'Europe a fixé dans la Directive Cadre déchet 2008/98/EC l'objectif de 70 % de valorisation des déchets du BTP à l'horizon 2020. Cet objectif figure également dans la Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015. Les déchets concernés sont les déchets non dangereux qui représentent une grande majorité du gisement des DCD.

Le recyclage des déchets inertes du BTP est principalement réalisé sur des installations dédiées, soumises à la réglementation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

### 3.2.3 Sédiments de dragage<sup>28 29</sup>

- *Présentation et caractéristiques*

Les sédiments de dragage sont issus des opérations de dragage destinées à entretenir les voies navigables, restaurer les voies d'eau et/ou améliorer la qualité du milieu aquatique marin ou continental. Les filières de gestion les plus utilisées sont l'immersion et la remise en suspension (filières suivies pour près de 90 % des sédiments marin).

- *Principales utilisations*<sup>30</sup>

Il existe un panel relativement important de filières de valorisation possibles pour les sédiments. Les principales sont citées dans le Tableau 2.

---

<sup>27</sup> <http://materrio.construction/>.

<sup>28</sup> Contexte et cadre réglementaire de la gestion des sédiments de dragage. Étude RECORD N° 14-1023/1B (2017)

<sup>29</sup> Guide thématique Cap Sédiments. Filières de gestion à terre. 2013.

<sup>30</sup> Lecompte, T (218). Évaluation environnementale des sédiments de dragage et de curage dans la perspective de leur valorisation dans le domaine du génie civil, Thèse de doctorat, Université Lille 1, 427p.

Tableau 2 : Différentes filières de valorisation possibles pour les sédiments et type de valorisation correspondant dans la hiérarchie établie par l'article L541-1 du Code de l'Environnement. [Lecompte,2018]

Forme	Type de matériaux		Type de valorisation	
Monolithe	Produits de construction	Céramique	Recyclage	
		Brique	Recyclage	
		Béton	Blocs	Recyclage
			Chaussées réservoirs	Recyclage
			Béton de sable	Recyclage
			Coulis autocompactant	Recyclage
	Technique routière	Couche de fondation	Recyclage	
		Couche de forme	Recyclage	
		Couche de roulement	Recyclage	
	Travaux maritimes		Recyclage	
Granulaire	Produits de construction	Incorporation dans la fabrication de ciment	Recyclage	
		Confection de granulat	Recyclage	
	Rechargement des plages		Réutilisation	
	Renforcement des berges		Réutilisation	
	Paysager	Eco-modelé	Recyclage	
		Comblement de carrières/ cavités naturelles	Autre valorisation	
		Couverture des ISD	Autre valorisation	
	Agronomique	Fertilisation	Recyclage	
		Structure du sol	Recyclage	

Le choix d'une filière de valorisation ou l'élimination des sédiments dépend des caractéristiques physico-chimiques des sédiments, de leur localisation, et des débouchés possibles. Selon les sédiments, un certain nombre de prétraitements et/ou de traitements devront être appliqués pour permettre aux sédiments d'atteindre certains critères réglementaires, techniques ou environnementaux pour pouvoir suivre la voie de valorisation ciblée.

Le choix de la filière passe aussi par les possibilités de valorisation à proximité. Dans un contexte de mise en avant de l'économie circulaire, il est indispensable de limiter au maximum les transports et de favoriser les circuits courts.

Le guide thématique « CAP SEDIMENTS - Filières à terre » présente un panorama des filières de gestion à terre des sédiments en France. Les filières entrant dans le cadre de la présente étude sont les suivantes :

- Valorisation en matériaux de construction,
- Valorisation en technique routière,
- Valorisation en remblais non recouverts ou en comblement de cavités terrestres.

Les guides méthodologiques « Sédimatériaux », pratiques et opérationnels, ont été élaborés dans le cadre de la démarche nationale du même nom et sont relatifs à la valorisation des sédiments de dragage / curage en technique routière, en aménagement paysager et dans le béton.

Les sédiments de dragage sont valorisables en technique routière, sous réserve de conformité à certaines prescriptions géotechniques et environnementales. Les prescriptions géotechniques sont celles définies dans des normes relatives aux produits de construction. Le guide « Acceptabilité des Étude RECORD n°18-0165/1A

matériaux alternatifs en technique routière - Évaluation environnementale » donne le cadre méthodologique à suivre pour l'incorporation de matériaux alternatifs en technique routière. La parution d'un guide spécifique aux sédiments est prévue en 2019.

- **Gisement**

La quantité de matériaux extraite chaque année par dragage en France est estimée à 40 à 50 millions de m<sup>3</sup>, dont 80 à 90 % issus de dragages maritimes et 60 à 70 % de dragages de ports estuariens.<sup>31</sup>

- **Réglementation**<sup>29</sup>

Depuis les années 2000, la réglementation impose une évaluation systématique de la qualité physico-chimique des sédiments préalablement à toute opération de dragage. Des seuils ont été définis aussi bien pour le milieu aquatique que pour le milieu continental.

La législation pour le traitement des matériaux dragués se situe à l'intersection des Directives Cadres Européennes sur l'Eau (DCE), les déchets et la stratégie pour le milieu marin. Les procédures et les valeurs limites de contaminants utilisées pour autoriser le rejet en mer ou la gestion à terre varient considérablement d'un pays à l'autre et aucun règlement harmonisé n'existe au niveau européen.

Un sédiment peut être valorisé s'il n'est pas classé comme déchet dangereux. La première étape d'étude d'une voie de valorisation consiste à savoir si les sédiments sont un danger pour l'environnement au sens de la Directive 1999/45/CE. La seconde étape repose sur la Directive 1999/31/CE du 26 avril 1999 concernant la mise en décharge des déchets. L'incorporation des sédiments dans le produit ou le matériau est jugée acceptable d'un point de vue environnemental si les réponses à ces 2 étapes sont négatives.

### 3.3 Retours d'expérience

#### 3.3.1 Boues minérales industrielles : Bauxaline®

- **Présentation et caractéristiques**

« La Bauxaline® est le co-produit de fabrication de l'alumine à partir de bauxite. Il est obtenu suite au procédé Bayer de l'usine Alteo de Gardanne après passage des résidus (« boues rouges ») au filtre-pressé ».

Le procédé Bayer, qui permet d'extraire l'alumine de la bauxite par une dissolution de cet oxyde grâce à une attaque à la soude caustique, génère des boues rouges chargées en soude. Ces boues sont lavées à l'eau afin de récupérer les aluminates n'étant pas passés dans la liqueur, puis sont essorées dans un filtre-pressé afin de les déshydrater mécaniquement et ainsi former la Bauxaline®.

En sortie de filtre-pressé, la Bauxaline® est encore chargée en eau (30 %) avec une composition chimique majoritaire en oxydes de fer (45 à 53 %) et d'aluminium (10 à 16 %) et des teneurs en chrome et vanadium supérieures à 1 000 mg/kg. Le pH basique s'explique par l'usage de la soude dans le

---

<sup>31</sup> Rapport final Gr 11 du Grenelle de la Mer, 2010.

procédé Bayer, cette forte teneur en ions hydroxydes peut permettre d'activer des réactions acido-basiques, de dissoudre des phases minérales, ce qui s'avère intéressant dans des procédés de dépolymérisation par exemple. La Bauxaline® est un matériau dont les grains sont très fins, la surface spécifique en est multipliée, ce qui permet d'offrir une multitude de sites de réaction ou de captation essentiels à l'utilisation du matériau en tant qu'adsorbant en dépollution. La densité de la Bauxaline® est semblable à celle d'une argile, composant principal utilisé dans des matériaux de construction tels les briques et les tuiles.

- *Gisement*

D'après ALTEO, entreprise qui exploite sur la commune de Gardanne (13) l'usine d'extraction de l'alumine à partir de bauxite, pour une production d'alumine d'environ 500 000 à 650 000 tonnes, environ 300 000 tonnes de Bauxaline® sont récupérées.

- *Principales utilisations*

De nombreuses voies ont été explorées afin de déterminer les meilleures filières de valorisation envisageables pour les boues rouges et de la Bauxaline® : récifs artificiels ; support de végétalisation ; couverture de centre d'enfouissement technique ; support pour cultures de plantes en pots ; remblai, couche de forme et fondations de route ; comblement de cavités souterraines ; pigment de coloration ; blocs en béton ; briques ; bétons ; agent de dépollution de sols, déchets dangereux et effluents chargés en phosphates, polluants métalliques, acides.

La phase préliminaire du projet « Bauxaline® technologies » en (2014) a permis de sélectionner les filières les plus prometteuses :

- Dépollution d'effluents : déphosphatation d'effluents en STEP, traitement des effluents acides en milieu minier...
- Géopolymères
- Matériaux de construction : briques, tuiles, pavés

Pour l'application en tant que matériaux de construction, plusieurs normes techniques régissent les applications briques et tuiles [Scribot, 2014].

- Briques :
  - EN 771-1 : Spécifications pour éléments de maçonnerie : Partie 1 : Briques de terre cuite.
  - EN 772-1 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie — Partie 1 : Détermination de la résistance à la compression.
  - EN 772-3 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie — Partie 3 : Détermination du volume net et du pourcentage des vides des éléments de maçonnerie en terre cuite par pesée hydrostatique.
  - EN 772-5 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie — Partie 5 : Détermination de la teneur en sels solubles actifs des éléments de maçonnerie en terre cuite.

- EN 772-7 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie — Partie 7 : Détermination de l'absorption d'eau à l'eau bouillante des éléments de maçonnerie en terre cuite servant de coupure de capillarité.
  - EN 772-9 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie — Partie 9 : Détermination du volume et du pourcentage de vides et du volume net absolu des éléments de maçonnerie en terre cuite et en silico-calcaire par remplissage de sable.
  - EN 772-11 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie — Partie 1 : Détermination de l'absorption d'eau par capillarité des éléments de maçonnerie en béton de granulats, en pierre reconstituée et naturelle et du taux initial d'absorption d'eau des éléments de maçonnerie en terre cuite.
  - EN 772-13 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie — Partie 13 : Détermination de la masse volumique absolue sèche et de la masse volumique apparente sèche des éléments de maçonnerie (excepté les pierres naturelles).
  - EN 772-16 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie — Partie 16 : Détermination des dimensions.
  - EN 772-19 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie — Partie 19 : Détermination de la dilatation à l'humidité des grands éléments de maçonnerie en terre cuite perforés horizontalement.
  - EN 772-20 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie — Partie 20 : Détermination de la planéité des éléments de maçonnerie en béton de granulats, en pierre naturelle et en pierre reconstituée.
  - EN 772-21 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie — Partie 21 : Détermination de l'absorption d'eau des éléments de maçonnerie en terre.
- Tuiles :

Les tuiles sont des éléments servant à recouvrir les toitures des bâtiments. Elles peuvent être constituées de béton et de terre cuite. Il existe différentes formes de tuiles : tuile plate, tuile canal, tuile à emboîtement.

- NF EN 1304 : Tuiles et accessoires en terre cuite - Définitions et spécifications des produits.
- EN 538 : Tuiles en terre cuite pour pose en discontinu — Détermination de la résistance à la rupture par flexion.
- EN 539-1 : Tuiles en terre cuite pour pose en discontinu — Détermination des caractéristiques physiques — Partie 1 : Essai d'imperméabilité.
- EN 539-2 : Tuiles en terre cuite pour pose en discontinu — Détermination des caractéristiques physiques — Partie 2 : Essais de résistance au gel.
- EN 1024 : Tuiles de terre cuite pour pose en discontinu — Détermination des caractéristiques géométriques.
- EN 13501-1 : Classement au feu des produits et éléments de construction — Partie 1 : Classement à partir des données d'essais de réaction au feu.
- EN 13501-5, Classement au feu des produits et éléments de construction — Partie 5 : Classement à partir des résultats des essais d'exposition des toitures à un feu extérieur.

- **Réglementation** <sup>32</sup>

La Bauxaline® est le résidu de filtration d'un déchet classé dans la liste européenne des déchets (art. R541-8 annexe 2 du Code de l'environnement) selon l'un ou l'autre des codes suivants :

- Code 01 03 07\* - Intitulé : « Autres déchets contenant des substances dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères » ;
- Code 01 03 09 – Intitulé « Boues rouges issues de la production d'alumine autres que celles visées à la rubrique 01 03 07 » ;

Le premier de ces codes correspond à un déchet dangereux (identifié comme tel par « \* ») et le second à un déchet non dangereux.

D'après le rapport de l'INERIS du programme Baux Geste « Classement en dangerosité de la Bauxaline® » (15.10. 2012), « La Bauxaline® est **classée non dangereuse** pour tous les critères H1 à H15 ».

Toutefois, ce rapport établit également que « la Bauxaline® ne peut être considérée comme un déchet « inerte », car son alcalinité à pH élevé (pH 11,5) réagit avec son environnement et sa fraction soluble (24 g/kg) est susceptible d'avoir des effets sur l'environnement ».

Selon les utilisations envisagées, la SSD implicite peut ou non être envisagée pour la Bauxaline® ou ses produits dérivés. L'utilisation de la Bauxaline® pour la fabrication des **tuiles** et des **billes d'argile** semble pouvoir s'inscrire dans le cadre de la SSD implicite (Tableau 2).

La SSD explicite pourrait concerner tout ou partie des cas d'usage envisagés et doit viser le produit issu de la Bauxaline® en sortie de l'établissement effectuant les opérations de valorisation de type séchage, broyage, préparation :

- soit la Bauxaline® pour les traitements d'effluents et de sols pollués acides en milieu minier,
- soit le produit final dans le cas des filières billes d'argile et tuiles, et extraction de constituants nobles,
- soit le RBM pour les usages de déphosphatation en STEP et de traitement de sols pollués neutres.

**Tableau 3 : Scénarios de SSD envisageables par filière [Gaborino,E & Tessier,E, 2013]**

Filière	SSD implicite	SSD explicite
Fabrication de tuiles	envisageable	envisageable
Fabrication de billes d'argile expansées pour granulats béton léger	envisageable	envisageable
Déphosphatation d'effluents en STEP	/	envisageable
Traitement des effluents acides en milieu minier	/	envisageable
Traitement des sols pollués minier	/	envisageable
Extraction de constituants nobles	envisageable	envisageable

<sup>32</sup> Garbolino, E. et Tessier, E.(2013). Programme Alteo-Bauxaline® Valorisations - Pape P - Rapport 1/5 - Capitalisation, bibliographie, gestion de données. Sophia : CRC, 201.

À ce jour, il n'existe, ni en France ni en Europe, aucune réglementation claire et suffisante d'évaluation permettant de justifier l'acceptabilité environnementale et sanitaire de l'incorporation de Bauxaline® comme matière première secondaire MPS dans les matériaux et produits de construction.

En revanche, PROVADEMSE a appliqué à certains matériaux élaborés à base de Bauxaline® le volet environnemental de la méthodologie générale d'évaluation proposée en 2005 par INSAVALOR-EEDEMS<sup>33</sup> à l'ADEME. Cette méthodologie constitue un des premiers documents de référence du Groupe de Travail porté par le CEREMA pour le compte du MEDDE/DGPR sur l'acceptabilité des matériaux alternatifs en construction.

Cette méthodologie d'évaluation des risques environnementaux et sanitaires s'inspire des différentes démarches existantes dans le domaine de l'évaluation environnementale des déchets et des produits de construction.

### 3.3.2 Cendres de boues de STEP

- *Présentation et caractéristiques*<sup>34</sup>

Le traitement des eaux usées par l'ensemble des services d'assainissement en France engendre une production annuelle de 992 000 tonnes de boues (matière sèche). Ces boues suivent différentes filières de traitements : la majorité, soit 75 %, sont valorisées en agriculture (épandage direct ou après compostage ou méthanisation), 4 % sont mises en décharge et 21 % sont incinérées (données 2012). En 2012, 208 kt de matière sèche de boues de STEP urbaines ont été incinérées sur le territoire français. AMORCE a recensé 27 unités d'incinération recevant des boues en 2012 (AMORCE, DT51 – Boues de Station d'Épuration : Techniques de traitement, Valorisation et Élimination, Novembre 2012).

Les boues peuvent être incinérées dans des incinérateurs dédiés sur les sites des stations d'épuration ou en co-incinération avec les déchets ménagers en UIOM. La valorisation possible des cendres de boues de STEP ne peut être étudiée que dans le cas d'incinération dédiée.

- *Principales utilisations*

Actuellement, seule la valorisation en cimenterie des cendres d'incinération de boues de STEP est effective quoique la progression de la teneur en phosphore de ces cendres (du fait d'un meilleur abattement des phosphates des eaux) constitue un frein à l'admission de ces cendres en cimenterie. Les autres types de valorisation (en substitution de liants ou comme granulats) sont à l'étude sur certains sites.

On notera toutefois que l'installation de la Communauté d'Agglomération de Rouen dispose d'un Arrêté Préfectoral faisant mention de la valorisation des cendres en incorporation dans les bétons pour éléments préfabriqués (avec des critères de teneur en éléments métalliques) et de la valorisation en technique routière (avec des critères faisant référence au Guide SETRA).

---

<sup>33</sup> INSAVALOR EEDEMS.(2005). Incorporation de Matières Premières Secondaires (MPS) dans les matériaux et produits de construction (Cadre Méthodologique). Villeurbanne- France : ADEME – DGUHC.

<sup>34</sup> <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/2686/0/recyclage-boues-traitement-eaux-usees-sols-agricoles.html>.

- **Gisement**

Il n'existe pas de données relatives à la production de cendres suite à l'incinération des boues. Il est néanmoins possible d'obtenir l'ordre de grandeur de cette production via les déchets de résidus thermiques des principales STEP équipées d'incinérateurs dédiés.

**Tableau 4 : Principales STEP munies d'incinérateurs dédiés**

Code postal	Nom établissement	Résidus d'opérations thermiques (t/an) – déchet non dangereux	Année de production déclarée
67 000	SASE - STEP de Strasbourg	2 555	2009
21 000	Station d'épuration de Dijon	982	2008
76 140	STEP de la C.A.R. (Rouen) Emeraude	1 918	2008
92 700	SIAAP Seine centre (Colombes)	5 000 t de cendres	
93 160	SIAAP Marne Aval (Noisy Le Grand)	1 200 – 1 500 t de cendres	
94 460	SIAAP Valenton	3 000 (pyrolyse)	2009
42 480	Furania, step de St Etienne	?	
69 310	Step Grand Lyon (Pierre-Bénite)	2 756	2009
69 190	Step Saint Fons	2 222	2009
26 100	Step de Romans Sur Isère	165	2007
26 000	Step de Valence	296	2009
38 120	Step de Grenoble (Fontanil-Cornillon)	896	2009
total		20990	

- **Réglementation**

Les cendres d'incinération de boues de station d'épuration relèvent de la classification européenne des déchets sous l'un ou l'autre des deux codes suivants, selon leurs caractéristiques au regard des propriétés de danger des déchets :

19 01 13\* - Cendres volantes contenant des substances dangereuses

19 01 14 – Cendres volantes autres que celles visées à la rubrique 19 01 13

Parmi l'ensemble du gisement, certaines cendres font l'objet d'un classement en tant que déchet dangereux. Celles-ci doivent être éliminées en installation de stockage de déchets dangereux.

Il n'existe pas de cadre réglementaire spécifique définissant les conditions acceptables d'une valorisation des cendres de boues de STEP à caractère non dangereux. Néanmoins le guide « Acceptabilité des matériaux alternatifs en technique routière » publié par le SETRA en 2011 peut s'appliquer à ces cendres pour une réutilisation en remblai ou sous-couche routière.

### 3.3.3 Bois et sols PVC

Ces 2 gisements de déchets seront pris en compte uniquement pour l'émission dans l'air intérieur.

#### 3.3.3.1 Le bois

Le bois est un gisement intéressant pour la valorisation. Bergman *et al.*<sup>35</sup> développent des analyses de cycle de vie d'éléments en bois de récupération (bois de structure et parquets). Les calculs de leur contribution au changement climatique (basés sur IPCC 2007) montrent notamment le bénéfice de la réutilisation par rapport à la mise à disposition de produit neufs.

Le gisement de déchets de bois est principalement constitué des :

- résidus de l'exploitation forestière : souches, houppiers, branchages...
- produits de première transformation du bois provenant des scieries, papeteries et composés d'écorces, de dosses, de noyaux de déroulage, de sciures, de copeaux, etc.
- déchets issus de la seconde transformation (ameublement, menuiserie, fabrication de palettes, de charpentes...) composés de copeaux, de chutes de bois massif et de placage, de sciures, poussières de ponçage...
- produits usagés et emballages provenant d'activités professionnelles et commerciales, du transport ferroviaire, des entreprises du bâtiment, des déchets municipaux (déchetterie) : caisses, palettes, cageots, bois d'ameublement ou de démolition [déchets de bois de chantier : échafaudages, étaielements, coffrages, déchets de panneaux à base de bois, déchets d'emballage lourd et léger, bois de déconstruction (charpente, menuiseries, parquets..)...

Selon une étude de l'ADEME de 2015<sup>36</sup>, la production de déchet bois (hors connexes de sciage) était en 2012 de près de 7,2 millions de tonnes, dont 1 million autoconsommé par les sites les produisant. Le secteur du bâtiment représente 2,2 millions de tonnes soit environ 33 % de l'ensemble. Environ 57 % de déchets bois sont destinés à de la valorisation matière.

En fonction de leur provenance, les déchets bois n'ont pas les mêmes taux de valorisation, et ainsi pour les déchets bois du bâtiment seulement 43 % partent en valorisation matière.

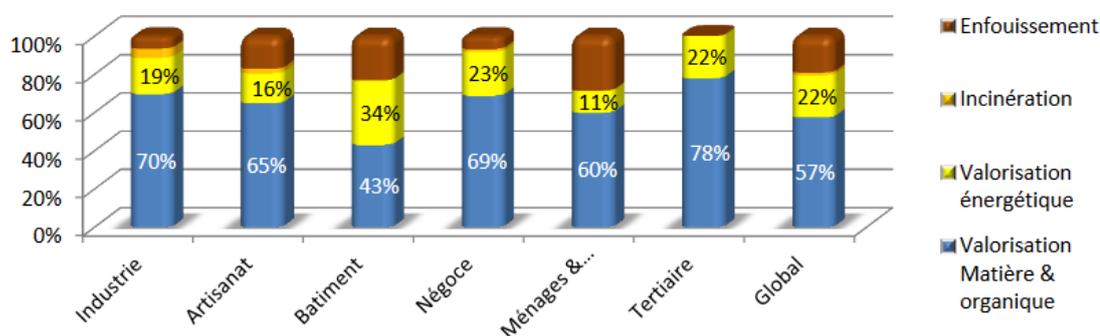


Figure 1 : Destination des déchets de bois (hors autoconsommation) selon le secteur producteur (les emballages sont inclus et leurs destinations ventilées)

<sup>35</sup> R. D. Bergman, H. Gu, T. R. Napier, J. Salazar, et R. H. Falk, « Life cycle primary energy and carbon analysis of recovering softwood framing lumber and hardwood flooring for reuse », In: Proceedings, Instruments for Green Futures Markets, American Center for Life Cycle Assessment XI Conference, October 4-6, 2011.

<sup>36</sup> ADEME (2015). Évaluation du gisement de déchets bois et son positionnement dans la filière bois/bois énergie.

Toujours selon cette même étude, les déchets de bois valorisés par les fabricants de panneaux de bois représentent en 2012 environ 1 800 kTonnes dont 1 000 destinés à l'export. Depuis 2008, les fabricants de panneaux français ont augmenté les quantités de déchets (en particulier d'emballages) dans leur approvisionnement, passant de 25 % en 2010 à 30 % en 2012 et est estimé à plus de 35 % en 2014 dans les panneaux de particules. On parle de 800 kTonnes de déchets bois qui sont valorisées sous forme matière par l'industrie française des fabricants de panneaux.

### 3.3.3.2 Le PVC

Les plastiques sont utilisés dans de nombreux produits (emballage, mobilier, électroménager, automobile...) et applications.

La demande en matière vierge de plastique est de 47 millions de tonnes et 4.5 millions de tonnes en France, selon le rapport de 2014 pour l'2ACR, la DGE et l'ADEME<sup>37</sup>. Parmi les plus couramment utilisés, on retrouve le PVC. Le BTP représente 20 % de la consommation tous plastiques confondus.

Il est relativement difficile d'avoir des données sur les flux de déchets plastiques. Selon ce même rapport, seulement 590 000 tonnes de déchets plastiques sont envoyées en valorisation matière (voir image ci-dessous).

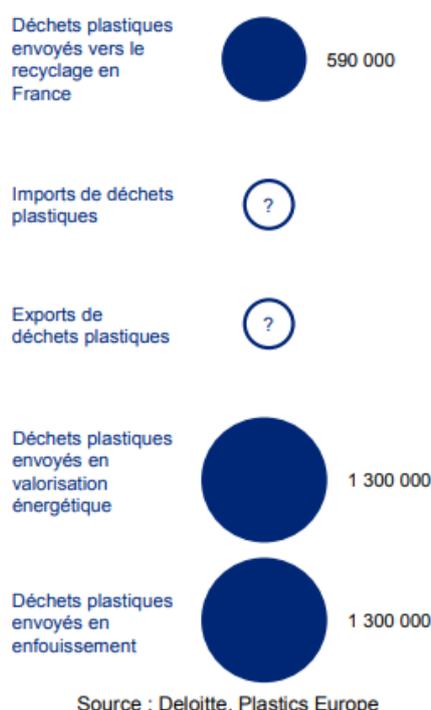


Figure 2 : Les flux de déchets pastiques en France ( tonnes)-2012

<sup>37</sup> 2ACR, DGE, ADEME (2014). Analyse de la chaîne de valeur du recyclage des plastiques en France – synthèse. Trois grands axes d'actions pour développer la filière.

Dans ce rapport on constate que « l'utilisation du PVC recyclé n'a pas fait l'objet d'étude poussée dans ce rapport mais l'utilisation de PVC recyclé dans le secteur du bâtiment apparait via la catégorie « autre » ». Ainsi, d'après les chiffres, une partie de 20 000 tonnes de plastiques recyclés est du PVC recyclé à destination du bâtiment, ce qui représente au maximum 3,4 % du gisement de déchets plastiques. On peut voir également que l'équation entre l'offre et la demande sur ce marché est très différente et il est possible d'augmenter considérablement l'offre de matière plastique recyclée. Cela passe par une meilleure captation des gisements, un renforcement de la compétitivité et l'augmentation des synergies.

D'après le guide d'informations sur les filières de valorisation des déchets du second œuvre, édité dans le cadre du programme DEMOCLES, la valorisation par le recyclage du PVC souple en France concerne trois produits : les revêtements de sol, les membranes d'étanchéité et les stores.

Pour les revêtements de sol en PVC souple, sont acceptés les sols PVC issus de la dépose, homogènes et hétérogènes, compacts et acoustiques et pouvant contenir du liège. Les déchets refusés concernent la moquette, les revêtements textiles, le linoléum, le caoutchouc, les sols PVC sur des envers textiles, les revêtements avec résidus de colle bitumineuse ou colle amiantée et tout autre déchet.

Pour les membranes d'étanchéité, sont recyclées les chutes de pose de membranes d'étanchéité et les membranes lestées ou fixées mécaniquement et balayées. Les déchets refusés sont les membranes de toiture bitumineuse, les fixations mécaniques et tout autre déchet.

Le recyclage des stores concerne uniquement les membranes d'étanchéité et screen PVC-Polyester propre sans colle, scotch, métal et bois.

Toujours d'après ce guide, le recyclage du PVC rigide concerne le PVC de plomberie, les volets et stores, le bardage, les clôtures extérieures, les menuiseries et les chemins électriques.

D'après le bilan national du recyclage <sup>38</sup>, sur la période de 2005 à 2014, le PVC du bâtiment récupéré en tant que déchet post-consommation représentait en 2014 32 kt, soit 5 % des déchets collectés en vue du recyclage.

À l'échelle européenne, une étude de 2011 pour moitié réalisée par la Commission Européenne (DG Environment) a estimé que la quantité de déchets de construction / démolition était d'environ 460 millions de tonnes en 2005, dont 2 % de plastiques, et le PVC représente seulement 0,4 % du volume total. <sup>39</sup> Cela revient à un volume de 0,0368 million de tonnes de PVC.

Le PVC représente 10,2 %<sup>40</sup> des besoins en plastique au niveau européen, principalement pour les cadres de fenêtres, les profilés, les revêtements de sols et murs, les tuyaux, l'isolation des câbles, les tuyaux d'arrosage, les piscines gonflables, etc. La majorité du PVC est utilisée dans le bâtiment (cf figure suivante).

---

<sup>38</sup> ADEME (2017). Bilan national du recyclage 2005-2014. Évolutions du recyclage en France de différents matériaux : métaux ferreux et non ferreux, papiers-cartons, verre, plastiques, inertes du BTP et bois. Rapport final.

<sup>39</sup> D'après le site Vinylplus. <https://vinylplus.eu/recycling/a-smart-material/sustainable-recyclable>. Consulté le 06/03/2019.

<sup>40</sup> PlasticsEurope (2018). Plastics – the facts 2018. An analysis of European plastics production, demand and waste data.

## European plastic converter demand by segments and polymer types in 2017

Data for EU28+NO/CH.

Source: PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG) and Conversio Market & Strategy GmbH

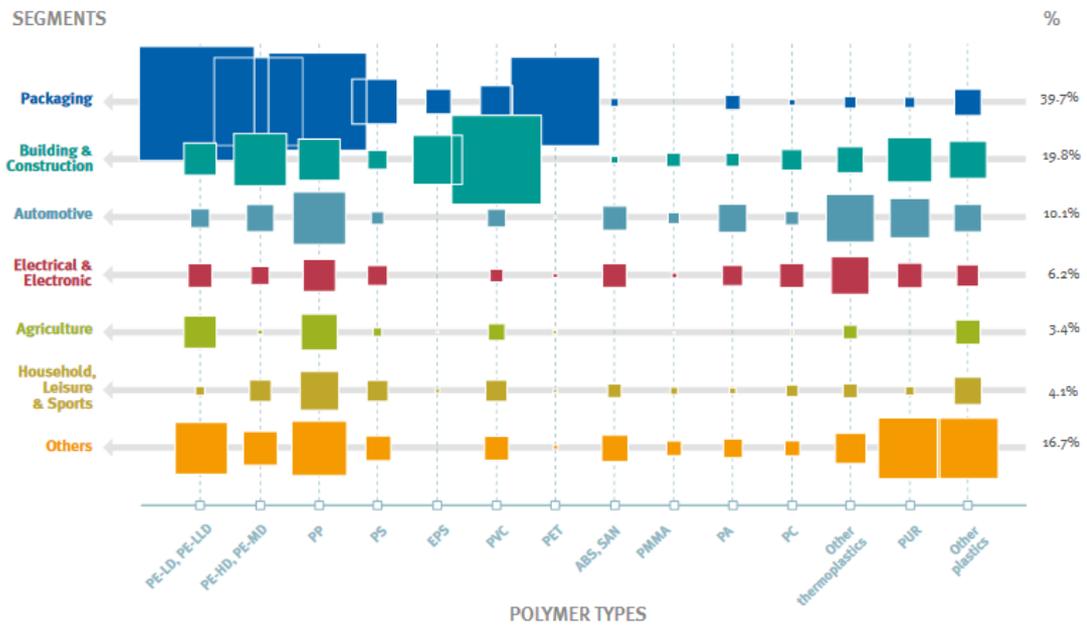


Figure 3 : Demande Europe en plastique par segment et type de résine en 2017 (PlasticEurope)

En 2016, 568 696 tonnes de PVC ont été recyclées en Europe, selon VinylPlus.

## 4 Identification des principales filières de prétraitement

Un examen des filières de traitement ou de prétraitement adaptées pour préparer les gisements majeurs de déchets en vue de leur incorporation dans des produits ou matériaux de construction en France et dans l'UE est présenté dans cette partie.

Les gisements majeurs (produits en grande masse) identifiés pour accomplir cet examen sont les Mâchefers d'Incineration de Déchets Non Dangereux MIDND, les granulats de béton recyclé et les sédiments de dragage.

La liste de filières de traitement et de prétraitement identifiés est présentée ci-dessous :

- Broyage
- Déferraillage
- Séparation granulométrique
- Lavage (extraction chimiques des polluants)
- Stabilisation (carbonatation, S/S)
- Traitement thermique (activation pouzzolanique des fines)

D'autres filières et/ou procédés innovants en développement et au stade de recherche sont décrites pour certains gisements.

### 4.1 Granulats de béton recyclé (GBR)

#### 4.1.1 Préparation des GBR

Actuellement, différentes technologies de traitement des déchets de construction et de démolition sont disponibles pour la production de granulats recyclés de haute qualité, utilisables dans l'industrie de la construction comme produits recyclés ou matières premières présentant des caractéristiques techniques comparables à celles des granulats naturels. Ces technologies sont utilisées à la fois dans des installations fixes et mobiles, afin d'être conformes aux différentes exigences pour l'utilisation de ces matériaux.

Le nombre d'installations en Europe est estimé à 2 073 en l'Allemagne<sup>41</sup>, 418 en l'Autriche<sup>42</sup>, 120 aux Pays-Bas [Uylubeyli et al., 2017], 569 installations mobiles au Royaume-Uni, 197 installations fixes et 50 mobiles en Belgique (région flamande) et 242 en Wallonie, 2 100 en France<sup>43</sup> et 60 en Espagne<sup>44</sup>.

---

<sup>41</sup> Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2015, destatis.

<sup>42</sup> THE INVENTORY OF WASTE MANAGEMENT IN AUSTRIA, STATUS REPORT 2014, p. 84.

<sup>43</sup> [http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr/res/dechets\\_chantier/PDF/CERC\\_Dechets\\_et\\_recyclage\\_BTP\\_France.pdf](http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr/res/dechets_chantier/PDF/CERC_Dechets_et_recyclage_BTP_France.pdf).

<sup>44</sup> [http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/deliverables/CDW\\_Spain\\_Factsheet\\_Final.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/deliverables/CDW_Spain_Factsheet_Final.pdf).

Les installations fixes traitent généralement aussi des granulats naturels et ont une capacité supérieure aux installations mobiles, ce qui permet de limiter les coûts de traitement de l'agrégat recyclé (économies d'échelle). En Espagne, par exemple, les installations fixes sont prédominantes (48 fixes, contre 1 mobile) même si, ces dernières années, certaines d'entre elles (4,1 %) ont loué temporairement du matériel mobile pour des opérations hors site [Rodríguez, G et al., 20015]. Au contraire, dans la région du Piémont (Italie), les installations mobiles représentent 83 % des installations totales et les fixes ne représentent que 4,4 % [Blengini,GA et Garbarino, E.,2010].

Les installations peuvent accepter différents types de déchets de démolition, en fonction essentiellement de la propreté de celui-ci et des matériaux qu'il contient. La classification standard du matériau d'entrée est propre, mélangée et sale.

Quelle que soit la technologie utilisée, une installation « efficace » doit pouvoir scinder le matériau entrant en trois sections : granulats, fraction légère (papier, plastique, bois, impuretés, etc.) et fraction métallique.

En Europe, les principales phases qui caractérisent un processus de préparation des déchets de construction et de démolition peuvent être subdivisées en :

- **Broyage / concassage**, dans l'objectif d'obtenir une réduction de taille des particules appropriée pour l'utilisation finale (produire des granulats recyclés).
- **Criblage**, dans le cas des déchets inertes en mélange, le problème majeur étant de séparer les éléments constitutifs du mélange. En effet, les pratiques courantes consistent à cribler le mélange, à travers des mailles de taille différente, afin d'obtenir une séparation des déchets grossiers et des déchets valorisables en granulats.

Deux principes de base sont couramment appliqués : la séparation en fonction de propriétés magnétiques (séparation magnétique) et la séparation en fonction des différences de densité (séparation gravimétrique).

- **Lavage** : la fraction plus fine obtenue peut-être ensuite lavée pour obtenir des granulats propres et utilisables d'une part, et une fraction résiduelle non valorisable (si présence de sulfates ou d'argile) d'autre part.

Cette procédure n'est pas très courante en raison des difficultés rencontrées pour l'élimination de la boue produite (à la fois en termes de coûts et de procédures administratives).

Pour le reste du mélange présent sur les grilles du crible, les ferrailles sont retirées grâce à un aimant (overband), les plastiques sont aspirés ou soufflés (séparateur aéraulique), et les éléments en bois peuvent être séparés par flottaison (procédé très peu développé). L'intervention d'un tri manuel par un opérateur est primordiale pour assurer une bonne qualité des matériaux recyclés produits.

Dans la Figure 4 est présenté un schéma simplifié des installations de préparation des GBR à partir des déchets de construction et démolition.

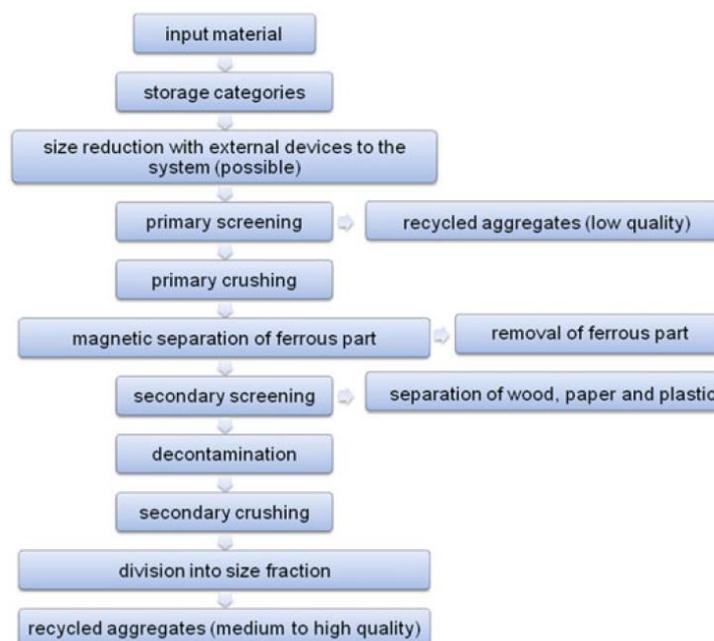


Figure 4 : Schéma simplifié des installations de préparation des GBR à partir des déchets de construction et démolition [Pellegrino et Faleschini, 2016]

## 4.1.2 Procédés de prétraitement / traitement des GBR

### 4.1.2.1 ADR (Advanced Dry Recovery)

Au cours des dernières années, de nouvelles technologies ont été développées dans le but de garantir une haute qualité de matériaux recyclés pour leur utilisation dans de nouveaux matériaux (notamment dans les bétons recyclés). Cependant, la fraction fine de béton recyclé (0-4 mm), ou la laine de verre issue de déchets de construction et démolition, n'ont pas encore trouvé de solutions techniques et économiques compatibles avec la chaîne d'approvisionnement circulaire, et en conséquence sont mises en décharge.

Une nouvelle technologie de recyclage in situ à faible coût, nommée Advanced Dry Recovery (ADR), a été développée aux Pays-Bas (TUD) avec 13 partenaires européens. Cette technologie est en cours d'adaptation pour le traitement et le recyclage du béton de poids normal et du béton léger. Elle est associée à une technologie mobile innovante HAS (système de séparation à l'air chaud) utilisant une combinaison de processus simultanés de chauffage, de séparation et de broyage dans une chambre semblable à un lit fluidisé avec une température et un temps de séjour contrôlés (projet européen H2020 VEEP). Ce procédé permet d'obtenir des granulats de haute qualité (0,25 à 4 mm) et des particules ultrafines (< 0,125 mm) sans humidité ni polluants, pouvant être utilisés en tant que matériaux de remplacement des ciments. La Figure 5 illustre le procédé.

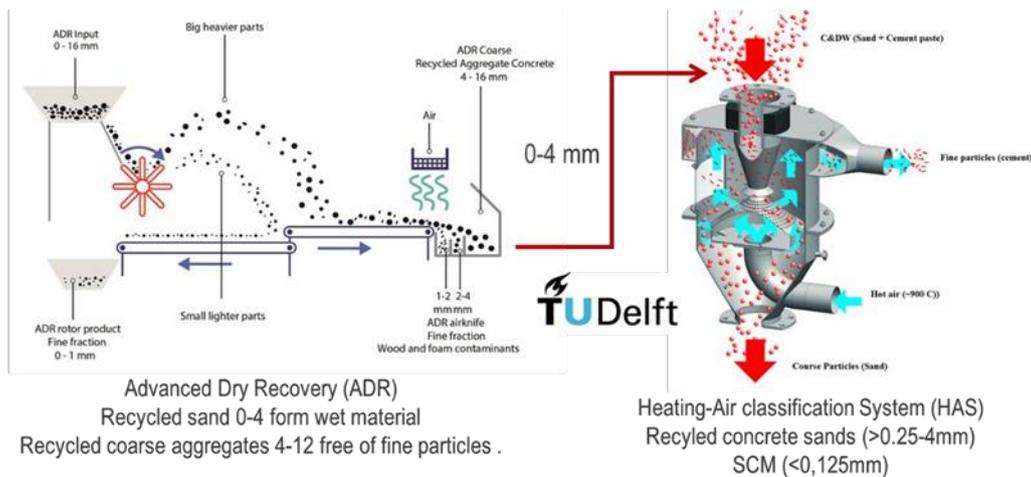


Figure 5 : Technologie ADR +HAS [TU Delft]- Projet H2020 VEEP

#### 4.1.2.2 Dépoussiérage des granulats

Le recyclage des GBR obtenus par broyage / criblage peut être amélioré si les éléments fins sont éliminés [Huang et al., 2002]. Cette fraction contient un pourcentage plus élevé de contaminants [Asakura et al., 2010]. La méthode de dépoussiérage la plus courante est le traitement par voie humide. Cependant, le lavage génère des eaux polluées et des boues qu'il est difficile de recycler davantage.

Néanmoins, il est possible de procéder au dépoussiérage par voie sèche [Ambrós et al., 2016]. Les technologies adaptées sont soit le criblage mécanique, soit la séparation à l'air qui fonctionne en introduisant le matériau dans une chambre où circule un flux d'air ascendant.

L'un des rares équipements bien adapté, spécialement conçu pour les granulats recyclés, est présenté dans [Lotfi et al., 2014]. Il combine un concasseur par attrition et un système de soufflerie capable de séparer les GBR humides en fraction fine et en fraction granulaire (technologie ADR). Dans l'exemple présenté, la récupération des fractions inférieures à 4 mm dans la fraction 4-16 mm est proche de 20 %.

### 4.1.3 Autres procédés innovants de prétraitement

#### 4.1.3.1 Activation pouzzolanique des fines

Une nouvelle application pour les particules « fines » générées lors du traitement de granulats recyclés issus des déchets construction et de démolition en tant qu'addition pouzzolanique dans le ciment est en stade de développement [Ascencio et al., 2018]. L'incorporation de ce type de matériaux à différents pourcentages en substitution du ciment en tant qu'addition pouzzolanique a donné de bons résultats, avec l'obtention final d'un brevet espagnol (ES2512065).

Le ciment contenant des pouzzolanes (CEM II / A & B-Q) est l'un des types énumérés dans la Norme Européenne EN 197-1, qui définit ces pouzzolanes comme des matériaux volcaniques, argileux, schistes ou sédimentaires activés thermiquement.

D'après les études menées aux Pays-Bas, le traitement thermique de ces fines à 800 °C est approprié pour utiliser ces matériaux en remplacement du ciment. Florea et al., 2014, ont conclu que les fines de béton recyclé, même sans traitement thermique, peuvent remplacer le ciment sans avoir une perte de résistance, à condition que le niveau de substitution soit inférieur à 20 %. Ils ont également montré que la réduction de la teneur en ciment dans un mortier peut être compensée par la présence de fines de béton concassé dans le sable.

#### 4.1.3.2 Élimination de sulfates par lixiviation

L'objectif du prétraitement est l'extraction des sulfates apportés par le plâtre présent dans les déchets de construction et démolition par lixiviation et élimination des sulfates.

Un procédé de traitement des déchets de construction et démolition par lixiviation à l'eau et élimination des sulfates dans les lixiviats par traitement biologique est en stade de développement. La Figure 6 illustre le procédé.

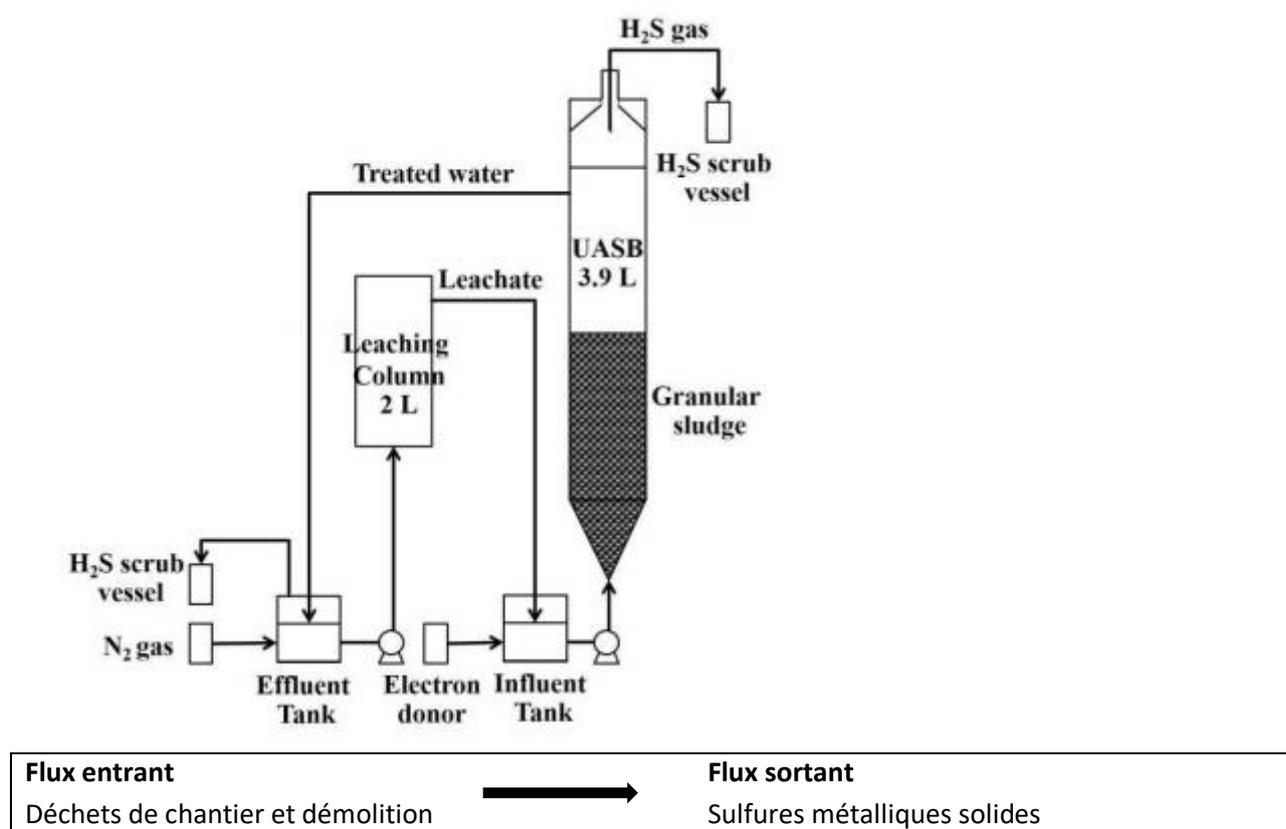


Figure 6 : Schéma de traitement des sulfates par lixiviation

## 4.2 Mâchefers d'Incinération de Déchets Non Dangereux MIDND

### 4.2.1 Procédés de prétraitement / traitement des MIDND

D'une façon générale, au niveau européen, trois grandes familles de traitement sont appliquées aux MIDND en vue de leur valorisation dans la construction :

- Séparation
- Solidification / stabilisation,
- Traitement thermique.

En pratique, il est courant de commencer le traitement de MIDND avec les techniques de séparation, suivies de traitements thermiques ou de solidification / stabilisation. Selon les objectifs de traitement et d'utilisation, les stratégies peuvent varier.

#### 4.2.1.1 Séparation

L'objectif des méthodes de séparation est d'améliorer la qualité des MIDND et leur utilisation. Les techniques comprennent le traitement mécanique, le lavage, la lixiviation, le traitement électrochimique et le traitement thermique.

- Le traitement mécanique

Selon une classification de l'ADEME [ADEME,2015], il existe différents procédés pour élaborer la grave de mâchefer selon le nombre et l'aménagement des différents équipements de traitement mécaniques :

- Le type I : criblage et séparation des ferreux ;
- Le type II : criblage, séparation des ferreux et des non ferreux ;
- Le type III : criblage, séparation des ferreux, des non ferreux, broyage des refus et éventuellement séparation des imbrûlés légers ;
- Le type IV : le criblage est remplacé par un concassage, mais cette opération est assez rare.

Au niveau européen, toutes ces étapes ne sont pas toujours réalisées. Le tableau suivant montre quels sont les pays qui utilisent les étapes de traitement mécanique. Après cette étape de traitement mécanique, les mâchefers élaborés deviennent souvent utilisables pour les travaux en technique routière. Cependant, pour améliorer leur comportement, des traitements plus spécifiques peuvent être appliqués.

Tableau 5 : Vue européenne des traitements mécaniques des MIDND [RECORD 13-0241/1A,2015]

Pays	Criblage	Récupération des ferreux	Récupération des non ferreux	Exigence de maturation	Remarques
Allemagne	X	X	parfois	X (3 mois minimum)	
Autriche	X	X			
Belgique	X	X	parfois		
Danemark	X	X	X	X	
France	X	X	X	X (< 12 mois)	
Grande Bretagne	X	X	parfois		
Italie	X	X	parfois		Traitement par des ciments ou des agents chimiques possible
Pays Bas	X	X	X	X (6 semaines minimum)	Traitement par des ciments possible

- Lavage

Le procédé permet l'extraction de la fraction soluble et des éléments traces métalliques lixiviables pour rendre la charge polluante des mâchefers compatible avec une valorisation dans l'élaboration de matériaux de construction.

La lixiviation des éléments traces métalliques dépend du type de solvant d'extraction, du pH ainsi que du rapport liquide / solide. L'extraction des éléments traces métalliques dans les mâchefers à l'aide de solutions acides dépend du pH, tandis que les agents chélatants sont indépendants du pH.

Pour le lavage acide, les étapes communes du traitement sont :

**Pré-lavage** : Cette étape permet l'extraction par dissolution des chlorures facilement extractibles à l'eau.

**Lavage acide** : Les acides inorganiques forts comme le HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sont fréquemment employés dans les procédés de lavage en raison de leur (relatif) faible coût et de leur efficacité dans l'extraction des éléments traces métalliques.

L'extraction de ces éléments avec des acides organiques complexants est une solution alternative.

**Rinçage** : L'étape de rinçage dynamique à l'eau est mise en place dans le procédé pour avoir une extraction plus complète de la fraction de la matrice rendue plus soluble par le lavage.

Cette technologie est intéressante du point de vue de la diminution de la teneur en chlorures et de l'extraction de la fraction mobilisable des métaux (principaux paramètres susceptibles de restreindre fortement les possibilités de valorisation directe des MIDND sans prétraitements autres que le criblage, le déferrailage et la maturation en plateforme).

Cette méthode d'extraction présente l'avantage de concentrer les espèces solubles dans la solution de lavage tout en limitant le relargage vers l'environnement.

Cette méthode permet également de produire une matière première secondaire de bonne qualité environnementale pour une utilisation dans des matériaux de construction (hors route).

L'emploi de ce procédé de prétraitement, implanté en Belgique et en Allemagne, plus coûteux en investissement qu'une installation de maturation et fortement consommateur d'eau, ne peut être envisagé que dans le cadre d'une valorisation à forte valeur ajoutée. Le procédé nécessiterait une optimisation des volumes d'eau utilisés.

Comme exemples d'installations commerciales de lavage on peut citer :

INDAVER-Belgique : lavage à l'eau

<http://www.indaver.be/fr/installations-processes/recuperation-des-materiaux/traitement-des-cendres/>

Hambourg (Allemagne) : lavage acide (HCl)

- Procédé électrochimique

L'objectif de ce processus est d'éliminer les éléments métalliques et de les récupérer davantage. Le processus implique l'application d'un potentiel électrique pour forcer les réactions de réduction / oxydation à la surface de la cathode et de l'anode. Au cours du processus, des métaux se déposent à la surface de la cathode. Bien que les processus n'impliquent pas d'addition chimique, les rendements sont assez faibles. Ferreira et al. ont proposé un traitement combiné (lavage + procédé électrochimique) et les résultats montrent qu'une réduction importante des métaux lourds dans les cendres volantes a été obtenue [Ferreira et al., 2008].

#### **4.2.1.2 Solidification / Stabilisation (S/S)**

Le processus de S/S fait référence aux procédés qui utilisent un additif ou un liant pour immobiliser chimiquement et/ou physiquement la charge polluante.

La solidification consiste à lier physiquement ou à emprisonner les polluants au sein d'une masse stable, dure et inerte. La solidification doit être appliquée sur l'ensemble de la matrice polluée. L'objectif est de réduire le contact eau / polluants en agissant principalement sur la diminution de la porosité (réduction de la perméabilité).

Il existe deux modes de stabilisation : i) la transformation chimique d'un polluant lixiviable en un composé peu ou non soluble ; ii) l'augmentation des capacités de sorption du polluant avec les matériaux par mélange avec différents adjuvants afin de les rendre moins mobilisables.

L'ajout de ciment pour la S/S a déjà été utilisé dans de nombreux pays. Cependant, l'inconvénient est que ce procédé ne convient pas au traitement des sels solubles et la lixiviation à long terme constituera un problème environnemental.

Une technique intégrée de stabilisation a été mise au point en quatre étapes :

- élimination des chlorures par dissolution ;
- addition d'acide phosphorique ;
- calcination ;
- solidification avec du ciment.

Ce processus peut détruire les matières organiques toxiques, réduire la réactivité des métaux lourds et solidifier les déchets dangereux sans dépasser la limite de lixiviation.

La **carbonatation accélérée** fait partie des techniques de stabilisation. Lors de la maturation, la carbonatation se réalise sur plusieurs mois et une stabilisation totale n'est pas possible. Cette réaction principale de la maturation peut être améliorée en augmentant le taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère sous laquelle les mâchefers sont exposés.

Ce procédé semble être un excellent traitement sur plusieurs points :

- il permet d'obtenir une stabilisation totale sur des temps plus courts par rapport à la maturation naturelle ;
- il permet une réduction du temps nécessaire pour faire passer les teneurs des éléments traces métalliques en dessous du seuil réglementaire (Cr, Pb, Cd, Ni, Zn et Cu sont au-dessus des limites autorisées).

Comme exemples d'installations commerciales de carbonatation accélérée, on peut citer Carbon8 Systems, Royaume-Uni : carbonatation des déchets industriels à basse pression, fabrication de matériaux de construction. <http://c8s.co.uk/carbon8-aggregates/>

#### **4.2.1.3 Procédés thermiques (vitrification)**

Le traitement de vitrification peut transformer les MIDND en scories vitreuses homogènes à une température comprise entre 1 360 et 1 500 °C. Après le traitement de vitrification, les MIDND contiennent en moyenne 52,1 % de SiO<sub>2</sub>, 16,2 % de CaO, 12,2 % de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et 7,7 % de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; alors que le métal récupéré est constitué d'environ 82 % de Fe, 12 % de Cu et de faibles pourcentages de P, C et d'autres éléments d'alliage mineurs. Le mâchefer vitrifié a un potentiel de relargage inférieur à celui d'origine [Lam et al.,2010].

Parmi les procédés de vitrification des résidus solides de l'incinération, les procédés intégrés sont ceux où les mâchefers produits par le procédé de traitement thermique des déchets sont directement vitrifiés sans refroidissement intermédiaire.

Il existe en Europe trois exemples de ce type d'installation intégrée :

- Allemagne : le procédé Carbo V de Choren, qui met en œuvre un réacteur à contact direct solide-gaz descendant, en présence d'air ou de vapeur d'eau à haute température (entre 1 200 et 1 400 °C).

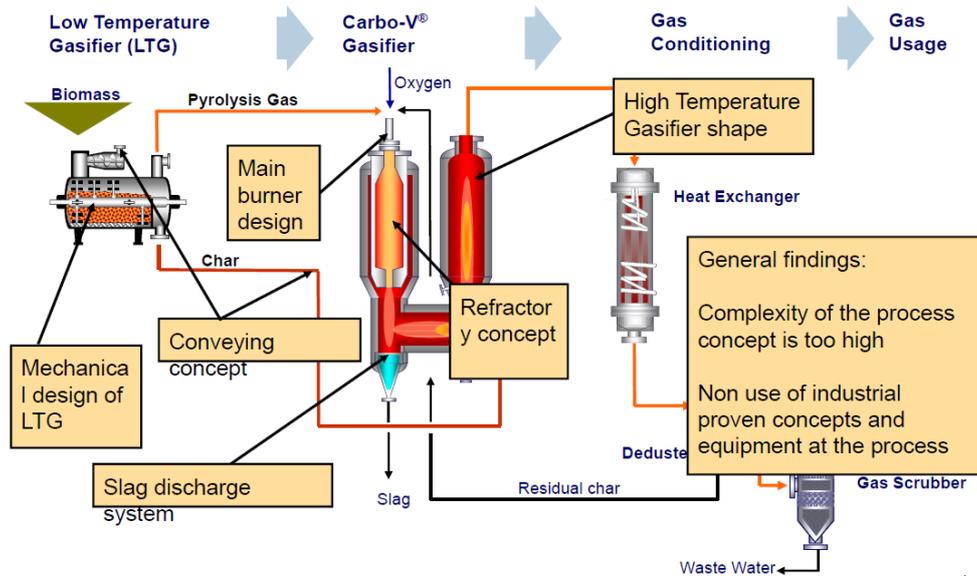


Figure 7 : Procédé de gazéification Carbo V, Linde

- Italie : l'unité JFE de l'usine de traitement des déchets de la ville de Rome. Le procédé utilisé de « Gasifying and Melting Furnace » permet une gazéification avec un air enrichi dans un réacteur travaillant à haute température (environ 1 600 °C). Ce procédé est celui de l'entreprise japonaise JFE qui l'a mis en œuvre sur différents types de déchets dans une dizaine de site au Japon.
- France : un prototype industriel en développement par la Coopération du Sillon Alpin pour le Développement Durable Déchets CSA3D [AMORCE, 2013] ; ce système nécessite tout de même de traiter les gaz en sortie de vitrification, notamment car ils peuvent contenir des chlorures, des composés soufrés et des métaux lourds qui ne se dissolvent pas dans le liquide fondu.

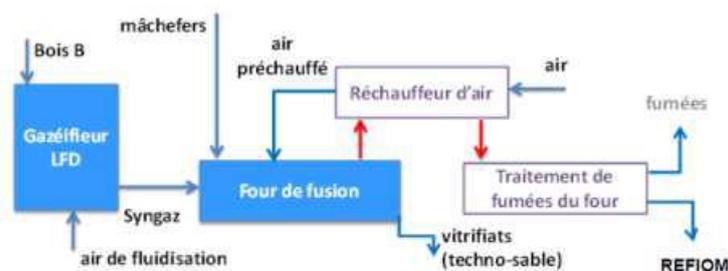


Figure 8 : Schéma du procédé de vitrification-gazéification CSA3D [AMORCE, 2013]

## 4.2.2 Autres procédés innovants de prétraitement / traitement

### 4.2.2.1 Refroidissement à l'air

Cette technique de refroidissement à l'air des mâchefers a pour but d'obtenir une meilleure quantité et une meilleure qualité de métaux afin de les extraire par la suite et de les recycler. Cette méthode est actuellement utilisée dans une UIDND en Suisse. Ce projet nommé Zentrum für nachhaltige Abfall und Ressourcennutzung (ZAR) a été mis au point en 2009. [RECORD 13-0241/1A,2015]

Selon les premiers retours d'expériences, les principaux avantages de cette technique par rapport à la technique classique sont :

- un brûlage plus complet par une postcombustion des résidus organiques ;
- une meilleure qualité des métaux car l'oxydation est diminuée ;
- une réduction de poids de 20 % due à l'absence d'eau ;
- une possibilité de séparation directe en fraction fine (0 à 5 mm) et grossière (> 5 mm).

Les inconvénients de cette technique sont notamment l'augmentation d'émission de poussières et des valeurs plus élevées en lixiviation en Sb, Br et Pb.

### 4.2.2.2 EquiAsh process

Tauw a mis au point un processus, appelé EquiAsh, permettant de transformer les MIDND en un produit stable à long terme et sans danger pour l'environnement. D'après l'accord entre la branche de l'incinération et le gouvernement néerlandais dans le « Green Deal », la qualité des MIDND doit être améliorée. EquiAsh est un procédé breveté qui traite les MIDND de manière à ce qu'ils soient stables à long terme (en équilibre avec l'atmosphère) et qu'ils remplissent les critères de lixiviation néerlandais en matière d'utilisation libre de matériaux de construction [Figure 9]. Des expériences à grande échelle ont été effectuées avec 1 200 tonnes de MIDND. [Steketee et al., 2018]

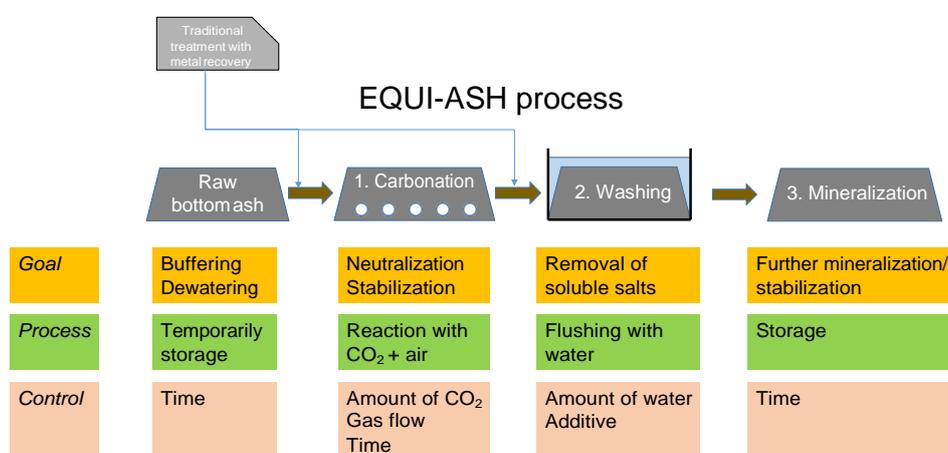


Figure 9. Schéma global du procédé EQUI-ASH

Dans le procédé EquiAsh, trois étapes de traitement sont combinées :

- **Carbonatation accélérée**, ce qui prend environ trois semaines. Avec ce procédé, le MIDND est neutralisé d'un pH de 11 à 8, la matière organique est dégradée et certains éléments traces métalliques (cuivre, plomb, aluminium, baryum et molybdène) sont fixés.
- **Lavage** : dans cette deuxième étape, les sels solubles (bromure, chlorure et sulfate) et les autres composants solubles sont éliminés lors du lavage. Il n'y a pas de séparation des fines des mâchefers dans l'une des étapes du traitement.
- **Minéralisation** : cette troisième et dernière étape conduit à une fixation plus poussée des métaux, en particulier de l'antimoine.

L'avantage de ce procédé est que les polluants lixiviables ont été lavés après le vieillissement, il n'y a donc aucun risque d'augmentation de la lixiviation dans le futur. La capacité tampon est suffisante pour maintenir un pH presque neutre à long terme. L'ensemble des MIDND est traité et aucune mise en décharge des fractions résiduelles (fines) n'est nécessaire. Les émissions dans l'air et dans l'eau sont minimisées. C'est un processus durable avec fixation du CO<sub>2</sub>.

#### 4.2.2.3 Traitement humide

Une autre technologie innovante a fait ses preuves en Allemagne, en Belgique (Flandres) et aux Pays-Bas. Après une extraction humide des mâchefers en UIDND, ceux-ci subissent un second traitement humide qui a pour but d'améliorer la qualité de la grave de mâchefers obtenue (en fabriquant un matériau qui peut remplacer les matières premières de construction classiques au sens des réglementations de ces pays) ainsi que celle de la séparation des métaux. [RECORD 13-0241/1A,2015]

Concernant les métaux, l'exemple de l'installation INDAVER (Belgique) donne une récupération de 11 % de métaux ferreux et de 3 % de métaux non ferreux.

Par contre, elle présente un inconvénient majeur qui est l'utilisation d'eau (forte augmentation des volumes utilisés) et le traitement associé des effluents liquides.

Cette technologie peut également être combinée avec les technologies de type ADR, comme celui breveté par la société néerlandaise Inashco ([http://www.inashco.com/en/ash-recycling\\_4](http://www.inashco.com/en/ash-recycling_4)).

Grâce à la technologie de séparation à sec ADR, les fractions traitées des mâchefers peuvent être utilisées comme matières premières dans la construction de routes et les produits béton. Les métaux précieux peuvent également être recyclés comme matière première pour l'industrie métallurgique.

## 4.3 Sédiments de dragage

### 4.3.1 Procédés de prétraitement des sédiments de dragage

La mise en dépôt à terre des sédiments se heurte à la notion de déchet et à la multiplicité des filières de prétraitement et de traitement de ces matériaux [Kribi, 2005]. Les différentes techniques de traitement développées peuvent être soit employées individuellement soit couplées. Toutefois, elles sont généralement précédées d'un prétraitement (opérations de tri physique - déshydratation) permettant de réduire le volume de sédiments à traiter ou à stoker et/ou de conditionner le sédiment en vue de son traitement ultérieur [Ramaroson, 2008].

Le prétraitement peut inclure la séparation de différentes tailles de grains et/ou l'élimination de l'eau (déshydratation). En fonction de l'objectif à atteindre et du type de sédiment à traiter, il est possible d'utiliser une ou les deux techniques.

#### 4.3.1.1 Séparation granulométrique

Le tri granulométrique permet la séparation des matériaux de différentes granulométries (par exemple du sable) provenant de sédiments dragués, et la séparation des sédiments en deux fractions ou plus en fonction de leurs propriétés physiques. La séparation des différentes tailles de grains permet donc de réduire le volume à traiter et de conduire à une plus grande homogénéité du matériau à envoyer pour des traitements ultérieurs ou pour une utilisation directe. Dans certains cas, la séparation peut être considérée comme un traitement du fait que les contaminants tendent à se concentrer dans la fraction fine des sédiments.

Il existe plusieurs procédés de tri granulométrique tels que le cyclonage, l'attrition, la gravimétrie, la séparation magnétique, la flottation, l'électromigration [Kribi, 2005]. Ces opérations de tri granulométrique permettent de séparer les sables (> 63 µm) des fines (< 63 µm) qui concentrent les métaux lourds via la capacité d'adsorption des argiles [Clozel et al., 2002].

L'objectif de ces opérations est donc de réduire les coûts en réduisant le volume à traiter à la fraction la plus polluée du sédiment.

L'hydro-cyclonage est une des techniques communément utilisées en Europe permettant la séparation des fractions fines et sableuses.

#### 4.3.1.2 Déshydratation

L'élimination de l'eau des sédiments est obtenue par un procédé de déshydratation, qui peut être de 3 types ;

- **Déshydratation passive** (bassins d'enfouissement, lits de séchage) : la sédimentation, l'évaporation naturelle ou l'utilisation de systèmes de drainage réduisent la teneur en eau.

- **Déshydratation mécanique** (presses à bande, filtre-presse, centrifugation) : toutes les technologies normalement utilisées pour déshydrater les boues industrielles. En général, le matériel utilisé

Étude RECORD n°18-0165/1A

nécessite une certaine quantité d'énergie pour presser et donc déshydrater le matériau de dragage. La teneur en solides en poids peut atteindre 70 %.

- **Déshydratation chimique** : l'ajout de réactifs chimiques peut faciliter la déshydratation du sédiment avec la formation de composés stables bloquant les polluants.

L'eau issue de la déshydratation peut nécessiter un traitement préalable afin de pouvoir être rejetée dans les eaux réceptrices ou réutilisée dans le processus même.

Il existe différents procédés de déshydratation, tels que la déshydratation sur terrain (utilisation d'andain), la déshydratation par boudins géotextiles, la déshydratation mécanique (filtre-pressé) et la déshydratation par ajout de chaux [Grosdemange, 2005]. Ces opérations permettront toutes d'augmenter la siccité du sédiment, ce qui facilitera son maniement et augmentera les chances de réussite des traitements.

#### 4.3.2 Procédés innovants de prétraitement / traitement des sédiments

Le projet européen (Life +) SEDI.PORT.SIL (2010-2013) est un exemple de démonstrateur d'une approche intégrée de la gestion durable des sédiments dragués dans les ports en Europe. Il avait pour but de démontrer l'efficacité des technologies de traitement consolidées, associées à des techniques innovantes visant au recyclage et à la valorisation des matériaux de dragage.

D'un point de vue technique, le projet a proposé un cycle intégré d'actions à appliquer aux sédiments - et à l'eau associée - immédiatement après le dragage. Il visait à réduire l'impact des matériaux de dragage sur l'environnement et à optimiser le pourcentage d'utilisation des matériaux recyclables.

Ce projet a permis de mettre en place une installation pilote permettant de valoriser des sédiments dragués dans le port de Ravenne en Italie. En plus de démontrer l'efficacité des unités de l'installation et la réutilisation avec succès le matériau, le projet a également évalué l'application de l'installation dans d'autres contextes européens.

L'installation prototype intégrait trois étapes de traitement : 1. Lavage et séparation granulométrique (gravier, sable et solides grossiers). 2. Traitement biologique basé sur la biodégradation appliquée à la fraction fine des sédiments conduisant à une réduction significative de la concentration en composés organiques. 3. Fusion plasmatique - identification du sédiment suivie d'un traitement à la torche à plasma pour extraire le silicium métal.

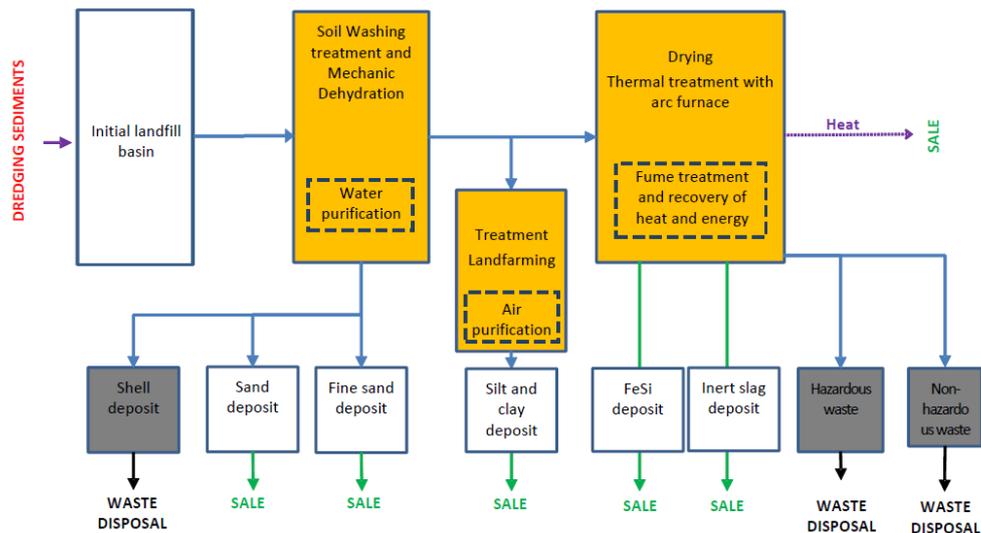


Figure 10 : Schéma global du procédé SEDI.PORT.SIL

Cette installation permet le retour de matériaux non pollués destinés à divers marchés :

- Sable grossier pour nourrir la plage ;
- Sable fin désalinisée, approprié pour les aménagements et autres utilisations dans la construction ;
- Alliages de fer-silicium avec un pourcentage de silicium d'environ 50 %, qui représentent un élément important de l'industrie sidérurgique ;
- Matériaux inertes vitrifiés, en sortie du processus de fusion, qui ont des caractéristiques mécaniques appropriées pour une utilisation en tant que matériaux de construction de faible qualité ;
- Argiles non polluées issues du traitement biologique : elles peuvent être vendues telles quelles ou raffinées en ajoutant de la chaux pour en faire des matériaux stabilisés utilisés en comblement de chaussée ou de fondation.

## 5 Synthèse

Le Tableau 6 présente la synthèse des principaux gisements de déchets examinés dans ce rapport en termes d'évolution de la production, l'utilisation et les réglementations appliqués pour l'émission de substances dans l'eau et dans l'air intérieur.

Tableau 6 : Synthèse des principaux gisements de déchets examinés en termes d'évolution de la production, l'utilisation et les réglementations appliqués pour l'émission de substances dans l'eau et dans l'air intérieur

TYPE DE GISEMENT	ÉVOLUTION PRODUCTION	ÉVOLUTION D'UTILISATION	RÉGLEMENTATION LIÉE AU DÉCHET (émission eau, air, sols)	RÉGLEMENTATION AIR INTÉRIEUR	PRÉTRAITEMENT(S) IDENTIFIÉ(S)
<b>Cendres volantes de centrale thermique au charbon</b>	<p><b>En voie d'épuisement :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrêt des dernières centrales à charbon d'ici 2022 en France</li> <li>- Substitution potentielle par les cendres de biomasse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Existence de normes techniques</b></li> <li>- Normes AFNOR :</li> <li>- NF EN 197-1 : composé du ciment</li> <li>- NF EN 450-1 : utilisation dans le béton</li> <li>- Guide GTR</li> <li>- <b>Utilisations classiques :</b></li> <li>- Utilisation dans le cru de cimenterie</li> <li>- Utilisation comme constituant de ciments</li> <li>- Utilisation dans la fabrication des bétons</li> <li>- Utilisation en remblais et couche de forme dans le domaine routier-</li> <li>- Utilisation en remblais dans le domaine ferroviaire</li> </ul>	<p>Classées comme déchet non dangereux</p> <p>Circulaire du 11/10/1996 : « Vous veillerez à n'autoriser d'autres usages de ces cendres (que comme constituant du cru de cimenterie, du ciment ou du béton) que si leur producteur vous donne des éléments d'appréciation relatifs à l'impact potentiel de tels usages sur l'environnement. »</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Absence de réglementation environnementale pour les utilisations identifiées</li> <li>- Application de l'évaluation environnementale pour l'utilisation en technique routière préconisée dans le Guide SETRA, 2011 (Guide d'application en préparation)</li> </ul>	NC	NC

TYPE DE GISEMENT	ÉVOLUTION PRODUCTION	ÉVOLUTION D'UTILISATION	RÉGLEMENTATION LIÉE AU DÉCHET (émission eau, air, sols)	RÉGLEMENTATION AIR INTÉRIEUR	PRÉTRAITEMENT(S) IDENTIFIÉ(S)
<b>Fumées de silice</b>	<b>Stable</b> , associée à la production du silicium et du ferrosilicium	<ul style="list-style-type: none"> <li>- NF EN 13263-1 : Fumée de silice pour béton</li> <li>- <b>Utilisations classiques :</b></li> <li>- Utilisation en tant qu'additif dans les bétons</li> <li>- Utilisation dans la fabrication de ciment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classées comme sous-produit enregistrée dans le cadre du Règlement REACH (N°1907/2006/EC)</li> <li>- Marquage CE : répond aux exigences du Règlement des Produits de Construction</li> </ul>	NC	NC
<b>Laitiers de hauts-fourneaux</b>	<b>Stable</b> depuis 2015 (en France)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Existence de normes techniques</b></li> <li>Normes AFNOR :</li> <li>- NF EN 15167-1 : utilisation dans le béton</li> <li>- NF EN 14227-2 : Utilisation dans les graves traitées</li> <li>- Guide GTR</li> <li>- <b>Utilisation classiques :</b></li> <li>- Laitier cristallisé en construction routière</li> <li>- Laitier vitrifié comme liant hydraulique routier</li> <li>- Produit d'addition pour béton (bétons bas carbone)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sortie de statut de déchet en cours d'instruction par le MTES</li> <li>- Guide technique d'application « Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière- Les laitiers sidérurgiques 2012 »</li> </ul>	NC	NC

TYPE DE GISEMENT	ÉVOLUTION PRODUCTION	ÉVOLUTION D'UTILISATION	RÉGLEMENTATION LIÉE AU DÉCHET (émission eau, air, sols)	RÉGLEMENTATION AIR INTÉRIEUR	PRÉTRAITEMENT(S) IDENTIFIÉ(S)
Sables de fonderie	Stable depuis 2012 (en France) <a href="https://www.forgefonderie.org/fr/forge-fonderie/panorama-economique">https://www.forgefonderie.org/fr/forge-fonderie/panorama-economique</a>	Utilisation limitée par la teneur en phénols (Arr. 16/07/1991)  - Remblais et produits à base de liants hydrauliques  - Utilisation comme constituant du cru de cimenterie  Utilisations émergentes : - Utilisation dans des produits en béton - Utilisation dans des produits en terre cuite - Utilisation dans l'élaboration de compost	Classés comme déchets non dangereux  - Arrêté du 16.07.1991 relatif à l'élimination des sables de fonderie contenant des liants organiques de synthèse  - Évaluation environnementale : Guide technique d'application « Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Les Sables de fonderie », prévu pour 2018	NC	Traitement biologique de dégradation des phénols  Traitement par Venting pour extraction des phénols
MIDND	Stable depuis 2012 en France et en Europe depuis 2014	- Guide technique d'utilisation en technique routière  - <b>Utilisation classique :</b>  - Valorisation en technique routière  - Utilisations alternatives :  - Matière première en cimenterie, comme constituant secondaire des ciments, ou comme granulats pour bétons	Classés comme déchets non dangereux  - Guide technique d'application : « Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Les mâchefers d'incinération des déchets non dangereux, SETRA-CEREMA » 2012  - Les pays européens qui ont actuellement un cadre réglementaire avec des conditions de valorisation définies sont : l'Espagne, la France, les Pays-Bas, le Royaume-Uni	NC	<b>Procédés classiques :</b>  <b>Séparation</b> (tri, lavage) <b>Stabilisation</b> (carbonatation) <b>Traitement thermique</b> (vitrification)  <b>Procédés innovants :</b>  - Refroidissement à l'air (Suisse)  - Carbonatation-Lavage-minéralisation (Pays-Bas)  - Traitement humide (Allemagne, Belgique, Pays-Bas)

TYPE DE GISEMENT	ÉVOLUTION PRODUCTION	ÉVOLUTION D'UTILISATION	RÉGLEMENTATION LIÉE AU DÉCHET (émission eau, air, sols)	RÉGLEMENTATION AIR INTÉRIEUR	PRÉTRAITEMENT(S) IDENTIFIÉ(S)
Granulats de béton recyclé	<p><b>En augmentation :</b></p> <p>Démolition des bâtiments anciens</p>	<p><b>- Existence de normes techniques</b></p> <p>Normes AFNOR :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- NF EN 206-1/CN Utilisation dans les bétons structuraux de bâtiments et d'ouvrages de Génie Civil</li> <li>- Guide GTR</li> </ul> <p><b>Granulats de béton cellulaire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabrication de béton léger</li> </ul> <p><b>Granulats de béton de déconstruction :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation classique :</li> <li>- En remblais et en sous-couche de chaussées</li> <li>- Utilisations alternatives :</li> <li>- Incorporation directe au cru cimentier</li> <li>- Constituant autre que le clinker pour la fabrication de ciments</li> <li>- Comme addition au béton</li> </ul> <p><b>- Utilisation émergente :</b></p> <p>Granulats de béton</p>	<p>Classés comme déchets non dangereux inertes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les pays européens qui ont actuellement un cadre réglementaire pour l'émission de substances dans l'eau qui s'applique aux GBR sont : Allemagne, Autriche, Finlande, Suède, Danemark, Pays bas, Italie, Norvège, Espagne.</li> <li>- En France, le guide « Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - matériaux de déconstruction issus du BTP, SETRA-CEREMA » 2016.</li> <li>- En France, édition de recommandations par les partenaires du programme national RECYBETON pour l'utilisation de granulats de béton recyclé dans les ouvrages en béton prêt à l'emploi</li> </ul>	NC	<p><b>Procédés classiques :</b></p> <p><b>Broyage/concassage</b>  <b>Criblage/Scalpage</b>  <b>Définage à sec ou par Lavage</b>  <b>Tri des ferrailles</b>  Tri des indésirables (densimétrique, optique...)</p> <p>Techniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ADR (Advanced Dry Recovery)</li> <li>- Dépoussiérage des granulats</li> </ul> <p><b>Procédés innovants :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Activation pouzzolanique des fines (Espagne, Pays-Bas)</li> </ul>

TYPE DE GISEMENT	ÉVOLUTION PRODUCTION	ÉVOLUTION D'UTILISATION	RÉGLEMENTATION LIÉE AU DÉCHET (émission eau, air, sols)	RÉGLEMENTATION AIR INTÉRIEUR	PRÉTRAITEMENT(S) IDENTIFIÉ(S)
<b>Sédiments</b>	<b>Stable en France</b> , de l'ordre de 50Mt/an	Existence de guides techniques (Cap Sédiments et Sédimatériaux) pour les utilisations en : - Produits de construction  - Technique routière (GTR, Guide technique CFTR traitement des sols à la chaux et/ou liants hydrauliques)  - Aménagement paysager	Classés comme déchets entrée miroir  - Directives 1999/45/CE et 1999/31/CE  - En France, le guide « Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Sédiments de dragage », est attendu pour 2019.	NC	<b>Procédés classiques :</b>  <b>Séparation granulométrique</b> (hydrocyclonage)  <b>Déshydratation</b>  <b>Procédés innovants :</b>  - SEDI.PORT.SIL : lavage, séparation granulométrique, traitement biologique, Fusion plasmatique
<b>Bois</b>	Résidus de l'exploitation forestière ; produits de première transformation du bois ; déchets issus de la seconde transformation ; produits usagés et emballages  Le secteur du bâtiment représente 2,2 millions de tonnes soit environ 33 % de l'ensemble. Environ 57 % des déchets bois sont destinés à de la valorisation matière. Pour les déchets bois du bâtiment seulement 43 % partent en valorisation matière. Les déchets de bois valorisés par les fabricants de panneaux de bois représentent en 2012 environ 1 800 kTonnes	Augmentation de la part de valorisation matière	NC	En France : Arrêté du 23 mai 2003 portant application pour les panneaux à base de bois destinés à la construction du Décret 92-647 du 8 juillet 1992 concernant l'aptitude à l'usage des produits de construction, modifié par le Décret 95-1051 du 20 septembre 1995.  Arrêté du 2 juin 2003 modifiant l'Arrêté du 7 août 1997 relatif aux limitations de mises sur le marché et d'emploi de certains produits contenant des substances dangereuses. Cet Arrêté modifie les dispositions particulières liées au traitement du bois.  Aux Pays-Bas : Chipboard Decree	NC

<p><b>Sol PVC</b></p>	<p>Le PVC souple en France concerne trois produits : les revêtements de sol, les membranes d'étanchéité et les stores.</p> <p>Le PVC rigide concerne le PVC de plomberie, les volets et stores, le bardage, les clôtures extérieures, les menuiseries et les chemins électriques</p> <p>590 000 tonnes de déchets plastiques sont envoyées en valorisation matière.</p> <p>Une partie des 20 000 tonnes de plastiques recyclés est du PVC recyclé à destination du bâtiment, ce qui représente au maximum 3,4 % du gisement de déchets plastiques.</p> <p>Sur la période de 2005 à 2014, le PVC du bâtiment récupéré en tant que déchet post-consommation représentait en 2014 32 kt, soit 5 % des déchets collectés en vue du recyclage.</p> <p>À l'échelle européenne, la quantité de déchets de construction / démolition était d'environ 460 millions des tonnes en 2005, dont 2 % de plastiques, et le PVC représente seulement 0,4 % de volume total. Cela revient à un volume de 0,0368 million de tonnes de PVC.</p>	<p>Augmentation constante selon les chiffres du syndicat européen Vinylplus</p>	<p>NC</p>	<p>En France : Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.</p> <p>Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils</p> <p><b>Décret n° 2011-1727 du 2.12.2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène.</b></p> <p>En Autriche : Ordonnance du Ministère fédéral de l'Environnement, de la Jeunesse et de la Famille du 12.02.1990 (Formaldehyde regulation order BGBl 194/1990) concernant la restriction de la mise sur le marché et d'affichage de substances, préparations et produits finis contenant du formaldéhyde.</p> <p>En Allemagne : réglementation AGB et AgBB</p> <p>Aux Pays-Bas : Building decree</p>	<p>NC</p>
-----------------------	--	---	-----------	---	-----------



## II. Tâche 2 - Examen comparé des règles et des pratiques actuelles d'États membres de l'Union Européenne

### 1 Objectifs

Malgré les défis croissants de l'utilisation des matières premières issues de déchets, des résidus minéraux générés par l'activité de la construction et de la déconstruction (secteur du BTP) et des résidus minéraux industriels en construction, les réglementations au niveau européen ne sont pas harmonisées.

Seulement quelques États membres disposent des exigences réglementaires concernant l'émission de substances dangereuses par les matériaux de construction dans le sol, les eaux souterraines et l'air intérieur.

L'objectif de cette tâche est de réaliser l'examen comparé des principales règles existantes, en focalisant sur quatre États membres de l'Union Européenne (Allemagne, Autriche, Pays-Bas, Royaume-Uni), sélectionnés en concertation avec RECORD sur la base du type d'approche d'évaluation utilisée, que ce soit en termes généraux, en termes d'acceptabilité vis-à-vis du risque d'émission de substances dans l'eau (essais et référentiel), en termes d'acceptabilité vis-à-vis du risque d'émission de substances dans l'air intérieur (essais et référentiel) et en termes d'évaluation environnementale du cycle de vie des matériaux incorporant des déchets (méthode de référence).

Cette analyse permettra d'identifier le schéma de réussite / échec créée par chaque État membre pour l'évaluation et l'utilisation de ces matériaux dans des produits de construction basés sur le respect des critères techniques et des valeurs d'émission définies en comparaison avec la démarche actuelle utilisée en France.

### 2 Analyse des différentes approches d'évaluation de l'incorporation des déchets dans des produits de construction

Un examen préliminaire des réglementations de pays européens en matière d'incorporation de déchets dans les matériaux de construction a permis d'identifier les trois principales approches d'évaluation des matériaux / déchets candidats à la valorisation en produits de construction dans une dizaine de pays :

- **Approche 1** : Évaluation basée sur les conditions d'admission des déchets en installation de stockage de déchets inertes ;
- **Approche 2** : Évaluation basée sur le principe d'une compatibilité de l'émission de polluants depuis le matériau vers le sol et jusqu'aux milieux récepteurs (eaux souterraines et superficielles) ;
- **Approche 3** : Évaluation basée sur la sortie de statut de déchet.

Sur la base de ce classement, l'examen comparé des règles et des pratiques actuelles est dressé pour un pays représentatif de chacune des trois approches (Autriche, France, Pays-Bas, Allemagne et Royaume-Uni). En ce qui concerne l'approche 1, le cas de l'Autriche est abordé de façon générale et principalement sur le sujet de l'émission de substances dans l'eau et dans le sol pour les granulats recyclés de déchets de construction/démolition.

## **2.1 Approche 1 - « Admission des déchets en ISDI » : le cas de l'Autriche**

### **2.1.1 Cadre réglementaire applicable à l'utilisation de matériaux de construction recyclés**

L'Ordonnance sur les matériaux de construction recyclés a été publiée au Journal Officiel Fédéral II no 181/2015 le 29 juin 2015.<sup>45</sup> Elle est entrée pleinement en vigueur le 1er janvier 2016. À la même date, l'Ordonnance sur le tri des matériaux pendant les projets de construction, publiée au Journal Officiel Fédéral no 259/1991, a cessé d'être en vigueur.

L'objectif de l'Ordonnance est de garantir la compatibilité environnementale des matériaux de construction recyclés et offrir une sécurité juridique aux fabricants et aux utilisateurs.

L'Ordonnance fixe les exigences à respecter lors du démantèlement des bâtiments, par exemple la réalisation d'analyses pour la recherche de polluants et de substances indésirables. Ces opérations améliorent l'aptitude des déchets à la fabrication de matériaux de construction recyclés. L'Ordonnance contient également des dispositions relatives au traitement ultérieur des déchets de construction et de démolition, aux exigences concernant la qualité des matériaux de construction recyclés à produire ainsi qu'aux domaines d'utilisation. Il est ainsi possible d'obtenir une qualité environnementale élevée des matériaux de construction recyclés, ce qui renforce la confiance dans l'utilisation de ces matériaux de construction. Cela est lié à une nouvelle norme autrichienne sur l'utilisation de granulats recyclés couvrant un plus large éventail d'usage que la norme EN 12620, limitée au ciment (ÖNORM B 3140 "Recycled aggregates for the construction industry").

L'Ordonnance prévoit également que, sous réserve du respect de certaines conditions, les matériaux de construction recyclés de haute qualité, classés A et A+ pour l'émission de substances dans l'eau, peuvent atteindre la sortie de statut de déchet avant d'être utilisés.

Ces matériaux de construction recyclés peuvent être commercialisés en tant que produits et ne sont soumis à aucune exigence en vertu de la législation sur les déchets ni à aucune restriction d'utilisation. Ils ne sont donc pas soumis aux dispositions relatives aux taxes et redevances prévues par la Loi sur l'assainissement des sites contaminés.

---

<sup>45</sup> Recycled Construction Materials Ordinance.  
<https://www.bmnt.gv.at/english/environment/Wastemanagement/Recycled-Construction-Materials-Ordinance0.html>

L'Ordonnance s'adresse aux entreprises de construction / démolition, aux collecteurs de déchets et aux opérateurs des usines de traitement, fabricants et utilisateurs de granulats de construction recyclés.

La qualité des matériaux de construction recyclés est assurée à travers le contrôle de polluants et de substances indésirables lors des opérations de démantèlement ainsi que de la qualité des matériaux de construction recyclés en sortie de fabrication. Seuls les matériaux de construction recyclés dont la qualité est garantie seront commercialisés avec succès.

Les déchets minéraux autorisés pour la fabrication des matériaux de construction recyclés et leurs codes européens de déchets sont listés dans le Tableau 7.

**Tableau 7 : Type de déchets acceptés pour la production de granulats recyclés en Autriche (Velzeboer, I and van Zomeren, A, 2017)**

Code-EWC	Description
	<b>Déchets issus des procédés thermiques (10) (déchets de la sidérurgie ; 10 02)</b>
10 02 01	Déchets provenant du traitement des laitiers
10 02 02	Laitier non traité
	<b>Déchets de construction et de démolition (17)</b>
17 01 01	Béton
17 01 02	Briques
17 01 03	Carrelage et céramique
17 01 07	Mélanges de béton, briques, tuiles et céramiques autres que ceux classés en 17 01 06 (substances dangereuses)
17 03 02	Mélanges bitumineux autres que ceux classés en 17 03 01 01 (goudron de houille)
17 05 04	Terres et cailloux autres que ceux classés en 17 05 03 (substances dangereuses)
17 05 08	Ballast de voie autres que ceux classés en 17 05 07 (substances dangereuses)

### 2.1.2 Règles spécifiques en matière d'évaluation d'émission de substances dans l'eau des matériaux de construction recyclés

L'association autrichienne de recyclage des matériaux de construction (Österreichischer Baustoff-Recycling Verband, BRV) a préparé un guide pour les granulats de construction recyclés en 2017 qui précise les modalités de production de granulats à partir de déchets de construction / déconstruction pour des applications données (y compris matériaux béton et béton allégés). Le guide décrit les caractéristiques attendues, les domaines d'application et les conditions générales pour le traitement des matériaux de construction recyclés. Il établit le type d'évaluation à effectuer sur les matériaux candidats à la valorisation et définit la classification des granulats issus de déchets de construction / démolition selon les seuils de lixiviation et contenu total A+, A, B. Les seuils de lixiviation A+, A correspondent aux seuils d'admission de déchets en ISDI. Ces seuils ont été définis sur la base des résultats du test EN 12457-4.<sup>46</sup> (Annexe 1.)

<sup>46</sup> Guidelines for Recycled Construction Materials (2017). The Austrian Construction Materials Recycling Association (Österreichischer Baustoff-Recycling Verband, BRV).

En outre, un plan d'assurance qualité est défini. Quand ce plan est pleinement conforme aux exigences du guide, un label de qualité peut être accordé par l'organisme "Austrian Recycled Construction Materials Quality Insurance Association" favorisant la sortie du statut de déchet des matériaux (granulats) de construction recyclés.

### 2.1.3 La sortie de statut déchets : focus sur les granulats de déchets de construction/démolition

Dans le texte réglementaire sur les matériaux de construction recyclés, la sortie de statut de déchets des granulats de construction / démolition est définie dans la section § 14 (fin de statut déchet)<sup>47</sup> :

- (1) Un matériau de construction recyclé de qualité classe A cesse d'être classé comme déchet conformément à l'annexe 2 lors du transfert par son fabricant à un tiers.
- (2) Un fabricant de matériaux de construction recyclés doit, avant le premier transfert en vertu du paragraphe 1 - s'il est établi conformément au § 22 de l'AWG 2002 - notifier au Ministère Fédéral de l'Agriculture, des Forêts, de l'Environnement et de la Gestion des Eaux qu'il est un fabricant de matériaux de construction recyclés et soumettre une déclaration obligatoire conformément au § 5(4) de l'AWG 2002 concernant le respect de l'interdiction des mélanges conformément au § 15(20) de l'AWG.
- (3) Le fabricant de matériaux de construction recyclés qui transfère des matériaux de construction recyclés conformément au paragraphe 1 doit enregistrer et notifier ces transferts conformément aux dispositions de l'annexe 5.

Les exigences pour les matériaux intrants, la production des granulats recyclés et la qualité du produit avec une assurance qualité pour les granulats recyclés qui cessent d'être des déchets sont aussi définies (Velzeboer and van Zomeren, 2017) :

- **Matériau intrant**

L'Autriche a ses propres codes pour les types de déchets. Les types de déchets spécifiques autorisés pour la fabrication de matériaux de construction recyclés sont énumérés dans le tableau 1 de l'annexe 1 du Règlement autrichien sur la sortie de statut de déchets. Ces codes autrichiens peuvent être traduits en codes européens des déchets (Tableau 1). La pollution par les substances ou déchets suivants doit être évitée autant que possible : amiante, fibres minérales artificielles, (H) FCKW (par exemple XPS, PU), HAP (par exemple goudrons), PCB, phénols, gypse, panneaux isolants en laine de bois à liant magnésie-ciment, béton au ciment, panneaux pare-feu, marbre synthétique. Aucun seuil précis n'est indiqué.

---

<sup>47</sup> Bio by Deloitte, 2015. Construction and demolition waste management in Austria.

- **Contrôle de la production**

La qualité environnementale des matériaux de construction recyclés fabriqués doit être assurée par leur conformité en ce qui concerne les limites de lixiviation et de contenu total ainsi que les exigences de qualité pour les classes définies dans le Règlement. Les analyses chimiques doivent être effectuées par des organismes accrédités.

- **Qualité du produit**

Les exigences de qualité pour les matériaux de construction recyclés (classes de qualité, paramètres demandés et leurs limites) doivent être conformes aux limites spécifiques de lixiviation et de teneur en contenu total (annexe 2, Ministère de l'Agriculture, des Forêts, de l'Environnement et de la Gestion des eaux, 2014 ; annexe A, tableau A.2).

Le matériau de construction recyclé doit être rangé dans une classe de qualité conformément à la proposition de la norme technique ÖNORM B 3140 (granulats recyclés pour l'industrie du bâtiment). Il existe huit classes de qualité d'agrégats, pour les granulats non liés (U-A, U-B et U-E), pour le liant hydraulique (H-B), pour le liant bitumineux (B-B, B-C et B-D) et pour les laitiers d'aciérie (D). La classe de qualité U-A pour les granulats non liés et à usage hydraulique ou bitumineux est appliquée pour classer le matériau comme non-déchet.

- **Assurance de la qualité**

Le système d'assurance qualité comprend des procédures de classification, d'échantillonnage et d'examen des matériaux de construction recyclés. Les dispositions de la réglementation nationale de la mise en décharge de 2008, annexe 1, partie 1, chapitre 5 s'appliquent aux méthodes d'exploration, de lixiviation et de détermination pour les essais chimiques analytiques (Journal Officiel Fédéral II, 2008).

#### **2.1.4 Règles spécifiques en matière d'émission de substances dans l'air intérieur sur les produits de construction**

En Autriche, un label similaire au Blue Angel Allemand (cf. 2.2.1.3) existe pour les produits bois, les tapis et les sols résilients comme le lino, l'élastomère et la polyoléfine. La majorité des exigences concerne les TCOV et un petit nombre de COV.

On peut également citer l'Ordonnance du Ministère Fédéral de l'Environnement, de la Jeunesse et de la Famille du 12 février 1990 concernant la restriction de la mise sur le marché et de l'affichage de substances, préparations et produits finis contenant du formaldéhyde.

## 2.1.5 Synthèse

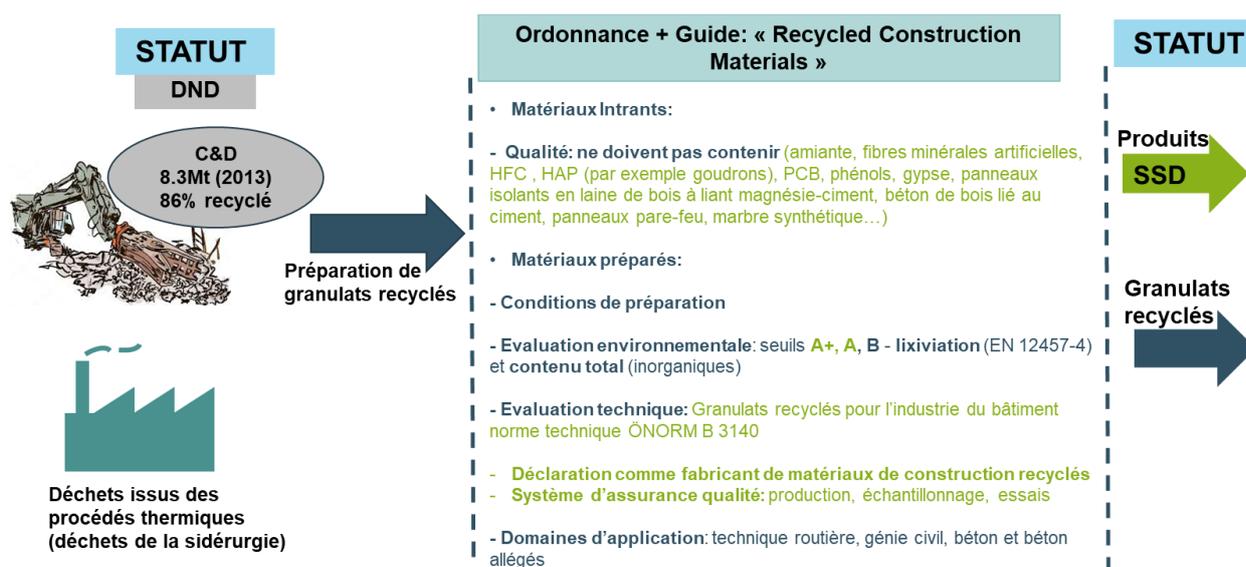


Figure 11. Autriche : Schéma global de la démarche d'évaluation des matériaux/déchets candidats à la valorisation en produits de construction (RECORD, 2019)

## 2.2 Approche 2 - « Émission de polluants vers milieux récepteurs et évaluation des risques » : Allemagne, Pays-Bas et France

### 2.2.1 Allemagne

En Allemagne, la législation sur la gestion des déchets est définie actuellement par la Loi sur l'Économie circulaire (**Waste Management Act**, KrWG) qui est entrée en vigueur en juin 2012. La Directive Cadre 2008/98/EC est transposée dans le droit national et expose la base juridique et les principes fondamentaux de l'économie circulaire.

La législation sur la gestion des déchets est officiellement de la compétence des États Fédéraux, ce qui implique un management, notamment des déchets de construction et de démolition, qui peut varier d'un état (Land) à un autre. Pour surmonter ce problème, le Ministère Fédéral de l'Environnement, de la Protection de la Nature, et de la Sécurité Nucléaire (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz and nukleare Sicherheit, BMUB) a mis en place un cadre juridique national global pour les eaux souterraines, les matériaux de construction de substitution, la mise en décharge et la protection des sols, appelé "Mantelverordnung". Celui-ci comprend une Ordonnance fixant les conditions d'utilisation des matériaux de construction de substitution minéraux au sein d'ouvrages techniques (Ersatzbaustoff), qui prend en compte la sortie de statut de déchets pour les déchets dits « de qualité écologique la plus élevée ».<sup>48</sup>

<sup>48</sup> Ordinance introducing a Substitute Building Materials Ordinance, redrafting the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance and amending the landfill Ordinance and the Commercial Waste Ordinance (Substitute Building Materials and Soil Protection Umbrella Ordinance) 2017/176/D, accessible via <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/tris/en/search/?trisation=search.detail&year=2017&num=176>.

Concernant la sortie de statut de déchet, dans l'Arrêté du 5 décembre 2012 (7 B 17/12) 4, le Tribunal administratif fédéral a décidé que la SSD s'appliquait aussi aux déchets de construction et de démolition, et que le statut de déchet d'une substance ne prend fin qu'après l'application des techniques de récupération ou de recyclage, en respectant les exigences correspondantes définies dans la réglementation déchets.

### 2.2.1.1 Cadre réglementaire applicable à l'utilisation de déchets en construction

La situation en Allemagne concernant l'utilisation de matériaux alternatifs en construction évolue depuis 2007 avec une première version du « **Decree for the Requirements of the Use of Alternative Mineral Building Materials in Technical Constructions and for the Amendment of the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance** »<sup>49</sup>, paru en 2007 et révisé en 2010.

Il favorisait l'utilisation des matériaux minéraux (e.g les déchets minéraux, les terres excavées, les scories et les cendres d'incinération, les produits de recyclage, etc.) et si nécessaire des différentes classes du même matériau qui respectent les conditions définies (qualité du matériau) pour les applications envisagées.

Actuellement, l'Ordonnance Cadre « **Substitute Building Materials Ordinance** », en version provisoire de 2017, a pour objectif de favoriser la valorisation des déchets minéraux qui constituent un des flux de déchets les plus importants en Allemagne (estimé à 240 millions de tonnes), au sein d'ouvrages techniques (routes, voies de chemin de fer, remblais....)<sup>50</sup>

Les gisements concernés sont essentiellement les laitiers de hauts-fourneaux, les sables de hauts-fourneaux, les laitiers d'aciérie, les scories de cubilots de fonderie, les sables résiduels de fonderie, les mâchefers de charbon issus de la combustion de la houille, les cendres de chaudière à charbon, les cendres volantes de lignite et les cendres d'incinération d'ordures ménagères, les terres excavées, les résidus de dragage, les matériaux de construction et de démolition.

Cette Ordonnance constitue une approche coordonnée et cohérente de l'utilisation correcte et sûre des matériaux de construction de substitution, ainsi que de l'application et de l'introduction des matériaux dans le sol. Cette approche garantit que l'utilisation de matériaux de construction minéraux de substitution est conforme aux objectifs de la Loi sur l'économie circulaire, de la Loi sur les ressources en eau et de la Loi sur la protection des sols. Dans le dernier projet d'Ordonnance sorti en avril 2017, l'article 1 contient les exigences relatives à l'utilisation de matériaux minéraux recyclés dans la construction :

Dans la *section 1, § 2* « *le matériau de construction minéral de substitution* » est défini comme un matériau qui : a) est produit comme déchet ou comme sous-produit ; aa) dans des unités de traitement ou bb) s'accumule pendant les travaux de construction ; b) est apte et destiné à être

---

<sup>49</sup> Decree for the Requirements of the Use of Alternative Mineral Building Materials in Technical Constructions and for the Amendment of the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance, 2010.

<sup>50</sup> Waste Management in Germany: Facts, Data, Diagrams (2018). Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), Public Relations Division. [www.bmu.de/english](http://www.bmu.de/english).

incorporé dans des structures directement ou après transformation et c) fait partie directement ou après traitement des substances désignées aux points 18 à 35 (gisements concernés listés auparavant).

Dans la même section, les « structures » sont définies comme tout ouvrage relié au sol qui est construit conformément au montage défini dans l'annexe 2 ou 3, notamment : a) les routes, chemins et parkings, b) les routes de chantier, c) les voies ferrées, d) les espaces d'entreposage et de services publics et autres zones fortifiées, e) les tranchées et excavations de canalisations, remblais et terrassements, y compris les barrières antibruit et anti visibilité, f) les remblais pour stabiliser les bermes et les talus.

La *section 2, § 3* présente les principes de réception des granulats de déchets de construction / démolition. Le contrôle d'acceptation comprend une inspection visuelle et des déclarations concernant la caractérisation (composition, degré de contamination...). Les critères préventifs et les critères d'évaluation des matériaux pour les substances organiques et inorganiques sont donnés dans l'annexe 1 (valeurs préventives et valeurs pour l'évaluation des matériaux), tableau 1 (valeur de concentrations des éluats) du projet d'Ordonnance. (Annexe 2)

La section 3 est relative à la « production des matériaux de construction de substitution minéraux ». Dans cette section, sous-section 1, les *articles § 8 et 9* décrivent les procédures normalisées d'échantillonnage et d'analyse des matériaux selon les normes techniques allemandes. La liste des méthodes d'analyse pour déterminer la teneur en contenu total et en lixiviation des polluants est donnée dans l'annexe 5 du projet d'Ordonnance.

Dans la *sous-section 3, l'article § 19* présente la liste des matériaux de construction de substitution minéraux qui sont considérés comme des sous-produits (au sens de la Directive Cadre Déchets 2008/98/CE), sous réserve du respect des autres conditions préalables prévues dans le « Closed Substance Cycle Act » et à condition qu'ils aient été fabriqués conformément à la section 3 :

- Laitier d'aciérie de classe 1 -SWS-1-,
- Laitier d'acier inoxydable de classe 1 -EDS-1-,
- Matériau issu d'une fonderie de cuivre de classe 1 -CUM-1-,
- Laitier de haut-fourneau de classe 1 -HOS-1-,
- Sable de haut-fourneau - HS - et
- Granulat de fours - SKG -.

Concernant la SSD, *l'article § 20* déclare que tant que l'utilisation des matériaux de substitution minéraux classés dans la liste ci-dessous n'entraîne pas de conséquences néfastes pour l'homme et l'environnement (§ 5 (1) au (3) du « Closed Substance Cycle Act »), ils peuvent atteindre la SSD :

- Matériau de construction recyclé de classe 1 - RC-1,
- Matériau du sol de classe 0 - BM-0,
- Matériau du sol de classe 0\* - BM-0\*,
- Matériau du sol de classe F0\* - BM-F0\*,
- Matériau du sol de classe F1 - BM-F1,
- Déblais de dragage de classe 0 - BG-0,

- Déblais de dragage de classe 0\* - BG-0\*,
- Déblais de dragage de classe F0\* - BG-F0\*,
- Déblais de dragage de classe 1 - BG-F1,
- Ballast de voie de classe 0 - GS-0 - et
- Ballast de voie de classe 1 - GS-1.

D'autres précisions concernant les exigences de l'incorporation de ces matériaux dans des ouvrages, les restrictions supplémentaires concernant la mise en place dans le cas de certains types de laitiers et de cendres sont également présentés dans ce projet d'Ordonnance.

### 2.2.1.2 Règles spécifiques en matière d'évaluation d'émission de substances dans l'eau

Les règles en matière d'évaluation d'émission de substances dans l'eau pour les matériaux de construction recyclés ont été initialement définies dans le « **Decree for the Requirements of the Use of Alternative Mineral Building Materials in Technical Constructions and for the Amendment of the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance** » de 2010. Ce Décret a tenu compte des aspects suivants :

- La détermination du relargage de contaminants (terme source) sur la base d'essais de lixiviation, en particulier de percolation en colonne à courant ascendant.
- L'évaluation du relargage spécifique pour des sels hautement solubles (par exemple chlorures et sulfates).
- L'évaluation des effets de dilution dans une construction technique causée par des processus hydrauliques (terme source).
- Le processus de retardation / atténuation (métaux / matières organiques) dans 1 m de zone de transport (terme de transport) devant être pris en compte si le plus haut niveau de l'eau souterraine est plus de 1 m en dessous de la ligne de fond d'une construction technique ou de l'application permanente des matériaux alternatifs.
- Les concentrations cibles au point de conformité : l'accumulation de contaminants dans les solides en moyenne sur 1 m de zone de transport a été limitée à 50 % de la capacité de filtration des sols, qui est donnée par la concentration des solides du sol, moins la valeur de précaution pour celui-ci.

Actuellement, c'est la version provisoire de l'Ordonnance « **Substitute Building Materials Ordinance** » qui définit les critères de lixiviation pour la réutilisation / recyclage des matériaux. Des limites générales de lixiviation ont été définies pour les différents types de matériaux. Les possibilités d'utilisation de chaque matériau sont précisées en combinant différentes options d'application techniques (plus de 20) en différents scénarios.

Comme évoqué dans la section précédente, le projet d'Ordonnance prévoit dans la *section 3 (articles 9 et 10)* toutes les exigences en matière d'analyse, de méthodes d'essai normalisées, et de classification :

- Les essais de lixiviation doivent être effectués selon la Norme DIN 195288 (lixiviation de matières solides - Percolation pour l'examen conjoint du comportement à la lixiviation des substances organiques et inorganiques.)
- Les concentrations sont calculées pour un rapport eau-solide de 2 selon la Norme DIN 19528 (Lixiviation des matériaux solides - Essai de percolation pour l'investigation de lixiviation de composants inorganiques et organiques), puis comparées initialement à des valeurs limites de référence présentées dans l'annexe 1 du document. (Annexe 2.)
- Les matériaux de construction de substitution minéraux sont classés (1-3) selon leur qualité et en fonction des utilisations possibles présentées dans l'annexe 2 du document. (Annexe 2.)

### **2.2.1.3 Règles spécifiques en matière d'émission de substances dans l'air intérieur sur les produits de construction**

Pour les produits non couverts par le marquage CE et la norme harmonisée associée, le label DIBt/AgBB (Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten) doit être appliqué de manière réglementaire et obtenir le marquage Ü-mark.

Pour les autres produits couverts par le marquage CE (pour la qualité de l'air), ce label a été transféré en réglementation en 2017 : la réglementation ABG. Elle concerne les produits suivants :

- Revêtement de sols, incluant les revêtements de sols, chapes et mortiers en résine synthétique, pierre artificielle en plastique, sols sportifs ;
- Adhésifs pour revêtement de sols et adhésifs pour structures composites ;
- Sous-couche ;
- Revêtements pour sols en bois et pour revêtements de sols souples ;
- Revêtements muraux décoratifs en plastique ;
- Revêtements de plafonds et de constructions avec des portions significatives de nature organique ;
- Matériau isolant avec des portions significatives de nature organique, par exemple mousses in situ à base de résine phénolique ou d'urée formaldéhyde ,
- Bois traité ou collé ;
- Revêtements de protection contre le feu, pour constructions en acier, ou appliqués sur site.

Il s'agit d'une réglementation sur les émissions de COV pour les produits de construction qui recherche 150 composés (cette réglementation est mise à jour régulièrement).

Le système allemand possède également d'autres labels sur les émissions de substances dans l'air intérieur :

- Le label Blue Angel ;
- Le label EMICODE pour les adhésifs et produits associés ;
- Le label GUT, pour les tapis.

Les limites des émissions de TCOV, TSCOV et de formaldéhyde autorisées sont plus basses que la réglementation AgBB. Le détail des labels est disponible au chapitre 4.2.

Le Blue Angel, créé en 1977, inclut des critères d'émission dans l'air intérieur concernant les formaldéhydes et les COV. Ce label couvre différentes catégories de produits et, pour les plus récents, prennent en compte les exigences du label AgBB.

Le label EMICODE pour les adhésifs, bien que non obligatoire, a atteint un statut sur le marché qui lui permet d'être utilisé dans d'autres pays européens comme aux Pays-Bas, en Suède, en Autriche, en Suisse et au Royaume-Uni.<sup>51</sup>

#### 2.2.1.4 Synthèse

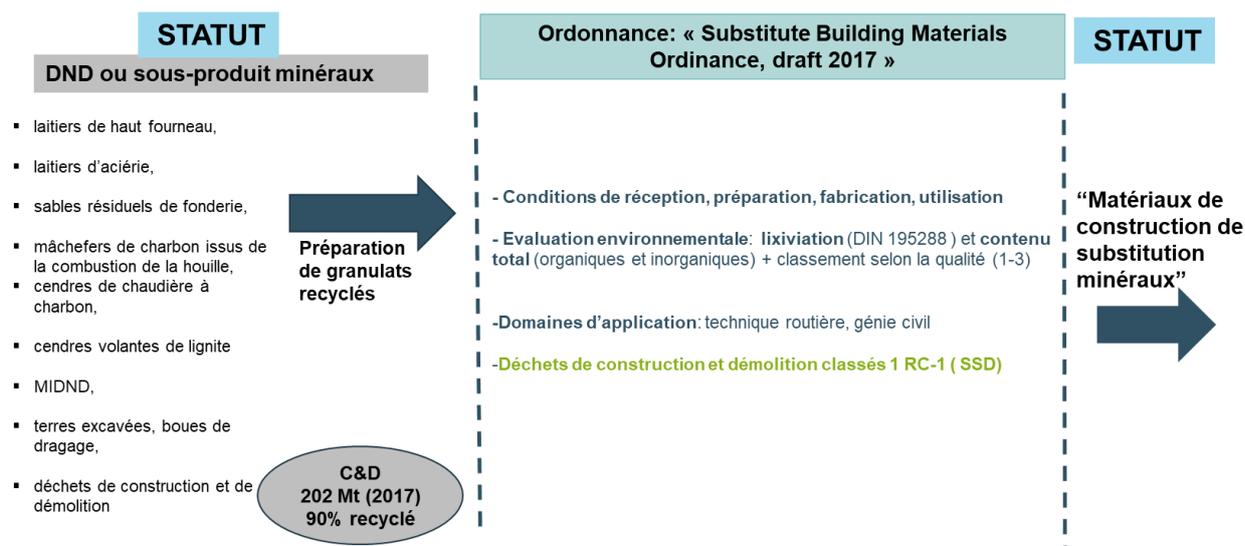


Figure 12. Allemagne : Schéma global de la démarche d'évaluation des matériaux/déchets candidats à la valorisation en produits de construction (RECORD, 2019)

#### 2.2.2 Pays-Bas<sup>52, 53</sup>

La stratégie de gestion des déchets aux Pays-Bas est définie dans son Plan National de Gestion des Déchets<sup>54</sup> basé sur 2 axes principaux : la prévention et la récupération. **Rijkswaterstaat** est le corps exécutif du Ministère des Infrastructures et de l'Environnement Hollandais (Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment) qui met en œuvre les politiques environnementales aux Pays-Bas. L'organisation comprend plusieurs départements. Le département "Eau, Transports et Environnement" est divisé en plusieurs secteurs, dont le secteur "Matériaux et Environnement" en charge de la gestion des déchets.<sup>55</sup>

<sup>51</sup> European Collaborative Action Urban air, indoor environment and human exposure. Environment and Quality of life. Report N°24 Harmonization of indoor material emissions labelling systems in the EU. Inventory of existing schemes. 2005.

<sup>52</sup> <https://rwsenvironment.eu/subjects/from-waste-resources/national-activities/national-waste/>.

<sup>53</sup> L'organisation des services de gestion des déchets en Allemagne et aux Pays-Bas, Z. Rui, ENGREF Montpellier.

<sup>54</sup> Plan national de Gestion des Déchets (VROM, 2004b. The National Waste Management Plan – Part 1 Policy framework. La Hague(NL), VROM, 188p.).

<sup>55</sup> <https://rwsenvironment.eu/about-us-0/waste-and-materials/>.

Bien que la gestion globale des déchets relève du gouvernement central, trois niveaux d'autorité ont des responsabilités statutaires dans la gestion des déchets : le gouvernement central, les provinces, et les municipalités.

Le gouvernement central définit le cadre juridique sur la gestion des déchets à travers La Loi relative à la Gestion de l'Environnement. Celle-ci définit un ordre de préférence pour la gestion des déchets : prévention, éco-conception, réutilisation, recyclage, valorisation énergétique, incinération, enfouissement. L'enfouissement des déchets valorisables est interdit d'après le Décret relatif aux Substances des Déchets, et la taxe d'enfouissement est très élevée.

### **2.2.2.1 Cadre réglementaire applicable à l'utilisation de déchets en construction**

Aux Pays-Bas, la gestion et l'évaluation des déchets relèvent d'une démarche originale, basée sur les possibilités de réutilisation des déchets comme matériaux de construction et non pas sur les modalités de leur élimination en décharge. Le **Soil Quality Decree** (SQD), qui a remplacé le Building Materials Decree en 2007, constitue le texte de base de cette démarche. Il a pour objectif de pérenniser tout en imposant des conditions de mise en œuvre aptes à protéger les sols et les eaux de surface.

Le Soil Quality Decree simplifie l'utilisation des matériaux en construction en réduisant les contraintes administratives et en ayant recours à des déclarations de conformité pour un grand nombre d'entre eux. Ce Décret ne fait plus la distinction entre les produits et les matières premières secondaires. En outre, il prévoit une obligation de retirer le matériau une fois que sa vie en œuvre est terminée. (Van der Sloot, 2011).

L'annexe A du Soil Quality Decree, « Soil Quality Regulation », définit les exigences auxquelles les produits de construction doivent répondre. Une distinction est faite entre les matériaux de construction monolithiques, tels que le béton et les briques, et les matériaux granulaires, tels que les cendres et les granulats. Le Règlement indique comment établir si un matériau de construction est monolithique ou non. Cette distinction est faite car le processus de lixiviation diffère pour les deux types de matériaux.

Les matériaux de construction granulaires qui ne peuvent pas satisfaire aux exigences en matière d'émissions, mais qui peuvent satisfaire aux exigences en matière d'émissions applicables aux matériaux de construction sous réserve de mesures d'isolement (IBC), ne peuvent être utilisés comme matériaux de construction que dans des ouvrages faisant l'objet de mesures de protection particulières. Les exigences de composition de l'annexe A sont les mêmes pour tous les types de matériaux de construction.

### **2.2.2.2 Règles spécifiques en matière d'évaluation d'émission de substances dans l'eau**

The Dutch « **Soil Quality Decree** » (2007) fixe les valeurs limites pour tous les matériaux granulaires ou monolithiques et pour les sols contaminés. Les polluants inorganiques (métaux et sels) ont des valeurs limites définies pour la lixiviation et les polluants organiques ont des valeurs limites pour le contenu total. (Annexe 3. Pays-Bas

Le calcul des limites d'émission (lixiviation) pour les produits de construction granulaires dans le SQD a été fait sur la base d'un test de percolation NEN 7343 (NEN 1995) qui est similaire au CEN/TS 14405. La modélisation géochimique a été utilisée pour calculer les variations des concentrations dans le temps et en profondeur du profil du sol. Pour les matériaux granulaires, un scénario a été choisi avec une hauteur de construction de 0,5 m, avec et sans mesures d'isolement. Les valeurs limites d'émission ont été calculées séparément et publiées dans le Soil Quality Decree. Pour une construction isolée (IBC), l'infiltration estimée est de 6 mm/an tandis que pour les constructions ouvertes (utilisation libre) elle est de 300 mm/an.

Le temps de simulation a été établi à 100 ans. Le profil du sol consiste en 1 m de sol insaturé et 1 m de sol saturé. Le niveau moyen de l'eau souterraine est de 1 m en dessous de la surface du sol (moyenne pour la situation néerlandaise). Les concentrations dans l'eau souterraine (modélisées de façon journalière) ont été calculées par la moyenne des concentrations annuelles sur la partie supérieure de 1 mètre de la couche d'eau souterraine. La concentration annuelle maximale dans une période de 100 ans a été utilisée comme le point final de l'eau souterraine pour la dérivation de la valeur limite d'émission. La même approche a été suivie pour les concentrations dans les sols non saturés.

Le Soil Quality Decree a aussi fixé les valeurs limites pour les utilisations des matériaux monolithiques. Les valeurs limites de relargage des matériaux monolithiques ont été définies sur la base des résultats du test NEN 7375 (exprimées en mg/m<sup>2</sup> à 64 jours).

### 2.2.2.3 Sortie du statut de déchet pour les granulats de déchets de construction et démolition

Les Pays-Bas ont développé une réglementation avec des critères de SSD spécifiquement pour les déchets « pierreux » issus de la construction, la rénovation, et la démolition d'immeubles, de routes ou pour les déchets de type et de composition similaire (référence EU 2014/384/NL). (Velzeboer, I and van Zomeren, A, 2017).

Les déchets considérés comme « pierreux » acceptables pour la production de granulats recyclés sont classés dans la catégorie des déchets de construction et de démolition. Le Tableau 8 présente les types de déchets concernés et leur classification dans le Catalogue Européen des Déchets.

Tableau 8 : Types de déchets acceptés pour la production de granulats recyclés aux Pays-Bas. (Velzeboer, I and van Zomeren, A, 2017)

Code-EWC	Description
17 01 01	Béton
17 01 02	Briques
17 01 07	Mélanges de béton, briques, tuiles et céramiques autres que ceux visés à la rubrique 17 01 06 (mélanges ou fractions séparées de béton, briques, tuiles et céramiques contenant des substances dangereuses)

Cette réglementation comprend les exigences nécessaires sur les matériaux intrants, sur la production des granulats recyclés et sur la qualité du produit, et l'assurance qualité requise pour que les granulats recyclés obtiennent le statut SSD :

- **Matériaux intrants**

Les matériaux pierreux doivent être non dangereux. De plus, le déchet ne doit pas contenir d'amiante ou de matériaux contenant de l'amiante, d'asphalte contenant des goudrons (HAP), de matériaux de toiture, de plâtre, d'ordures ménagères/déchets de déchetteries, de sols, de suie ou de bois dans une quantité qui pourrait dégrader la qualité des granulats recyclés. De même, toute autre substance contenue dans le matériau ne doit pas être présente dans une quantité qui pourrait dégrader la qualité des granulats recyclés.

- **Contrôle de la production**

Le granulat recyclé doit être analysé selon les standards applicables, et un contrôle de l'absence d'amiante doit être réalisé. L'addition de MPS pendant ou après la production de granulats est autorisée, à condition de suivre la norme de production mentionnée dans l'annexe de la réglementation SSD néerlandaise, et que le granulat recyclé soit conforme aux spécifications de cette réglementation.

- **Qualité du produit**

Les granulats recyclés destinés à des usages en contact avec le sol, les eaux souterraines ou les eaux de surface, doivent satisfaire à des exigences spécifiques en termes de composition et de valeurs d'émission de substances. Ces valeurs sont précisées dans l'annexe A du Soil Quality Decree. Des limites sont également imposées pour les matériaux granulaires et les matériaux monolithiques (utilisation libre), et pour les matériaux IBC qui doivent suivre des mesures spécifiques (utilisation couverte).

Pour le recyclage des granulats utilisés dans l'asphalte, la teneur en HAP (somme de 10 HAPs) ne doit pas excéder 75 mg/kg MS. Le niveau de concentration maximale dans les granulats recyclés ne doit pas excéder 10 cm<sup>3</sup>/kg pour les contaminants de masse inférieure ou égale à 1 000 kg/m<sup>3</sup> et 1 % pour les contaminants de masse supérieure à 1 000 kg/m<sup>3</sup> (conformément à la Norme EN 13242) <sup>56</sup>.

- **Assurance qualité**

Le système de management de la qualité comprend des procédures pour l'acceptation de matériaux pierreux pour la production de granulats recyclés, pour le contrôle de la production, l'échantillonnage, les essais, et l'examen et l'enregistrement des essais. Le système de management de la qualité est conforme aux exigences de la Norme EN 13242.

---

<sup>56</sup> EN 13242 Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction de chaussées.

- **Autres réglementations**

Au-delà des critères de sortie de statut de déchet concernant les granulats recyclés des déchets de construction et démolition, il existe d'autres initiatives à ce jour aux Pays-Bas pour les MIDND. Il est possible pour des industriels d'évaluer leur propre matériau ou leur statut. Ainsi, les industriels peuvent soumettre une requête auprès du Département des Eaux du Ministère des Infrastructures et de l'Environnement (Rijkswaterstaat) pour examiner si le matériau peut être considéré comme un sous-produit (selon l'article 5 de la Directive Cadre) ou obtenir une sortie de statut de déchet (selon l'article 6 de la Directive Cadre). Le Rijkswaterstaat s'appuie pour cela sur les législations et réglementations de différents pays, sur la législation européenne, sur la Directive Cadre Déchet, et sur les Dutch Laws of Environmental Conservation.

### 2.2.2.4 Règles spécifiques en matière d'émission de substances dans l'air intérieur sur les produits de construction

Le Building Decree (<https://business.gov.nl/regulation/building-regulations/>) de 2012 donne les exigences minimales pour toutes les structures. Ce Décret donne notamment des exigences sur la concentration de formaldéhyde dans un espace accessible au public (120 µg/m<sup>3</sup>).

Il existe également le Chipboard Decree (Spaanplaatbesluit Warenwet) pour la déclaration et la limite de contenu en formaldéhyde des panneaux de bois. Dans ce Décret, l'exigence est de ne pas dépasser 10 mg de formaldéhyde par 100 g de matériau.

### 2.2.2.5 Synthèse

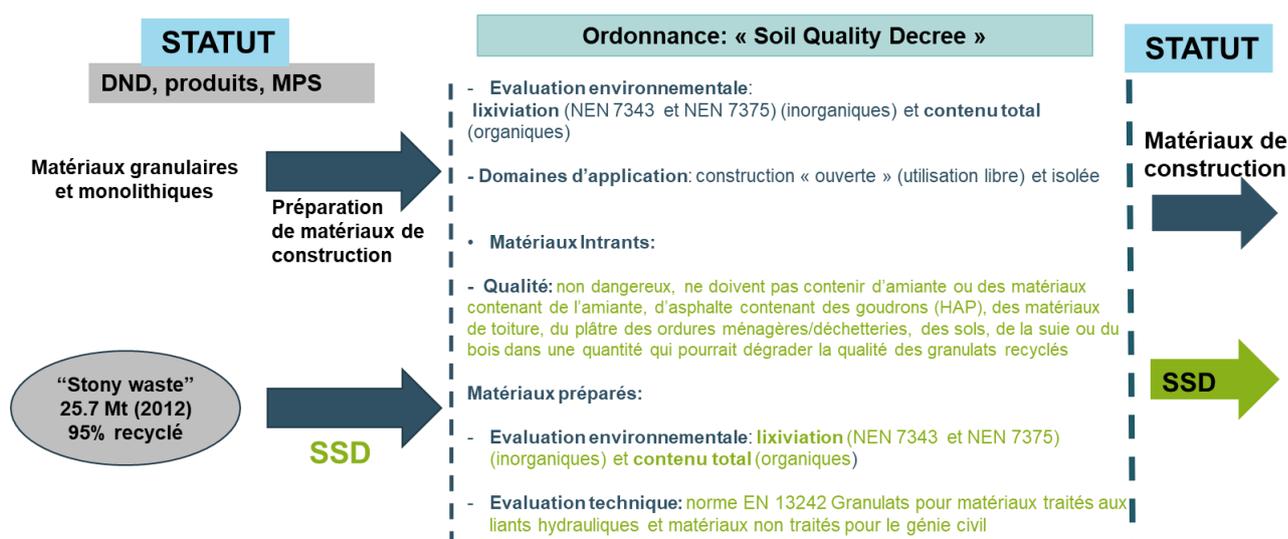


Figure 13. Pays-Bas : Schéma global de la démarche d'évaluation des matériaux/déchets candidats à la valorisation en produits de construction (RECORD, 2019)

## 2.2.3 France

### 2.2.3.1 Cadre réglementaire applicable à l'utilisation de déchets en construction

La Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) du Ministère de la Transition écologique et Solidaire (MTES) travaille au développement de la valorisation de matériaux alternatifs dans une volonté de libérer les potentiels d'économie circulaire dans les territoires, en particulier, en permettant d'améliorer le taux de valorisation des déchets non-dangereux minéraux en génie civil.

Au cours des dernières années, l'élaboration d'un corpus de documents techniques dédié à l'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière a permis de développer des filières de traitement et valorisation de divers gisements de déchets minéraux non-dangereux. Ces référentiels permettant de maîtriser les risques environnementaux ont pu être développés grâce à la réalisation de projets de R&D consacrés à la compréhension du comportement de matériaux alternatifs en usage. Ces projets ont étudié le niveau d'émission dans l'eau des matériaux alternatifs par la réalisation d'essais de laboratoire et démonstrateurs. En 2011, une méthodologie permettant la valorisation des matériaux alternatifs en technique routière a été définie, puis, en collaboration avec les professionnels, elle a été déclinée sur différents gisements homogènes de déchets : MIDND (2012), laitiers sidérurgiques (2012), déchets de déconstruction du BTP (2016), sédiments (prévu en 2019). Actuellement, les gisements suivants sont étudiés : sables de fonderie, cendres de centrales thermiques et biomasse, et terres excavées.

Le MTES a constitué en 2015 un groupe de travail (GT) pour élargir la valorisation de matériaux alternatifs au domaine de la construction hors route dans des conditions environnementales maîtrisées. L'objectif de ce groupe de travail est d'élaborer une méthode destinée à l'emploi de matériaux alternatifs en construction. Cette méthode sera ensuite déclinée en fonction des différents types de gisements.

Des travaux préparatoires ont été réalisés en partenariat avec le CEREMA, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), Eco-BTP, PROVADEMSE et le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM).

#### 2.2.3.1 Règles spécifiques en matière d'évaluation d'émission de substances dans l'eau

La définition des règles spécifiques pour l'émission de substances dans l'eau fait partie des travaux réalisés par le GT sur la base d'une étude préparatoire qui visait à définir l'impact sur les eaux souterraines dans un contexte environnemental donné. Les travaux de ce GT sont toujours en cours.

Les ouvrages utilisant des matériaux alternatifs en substitut de ressources naturelles ont été considérés comme une source de pollution constante (avec remise au sol ou sous surface imperméabilisée). La modélisation numérique a été utilisée pour représenter des systèmes-types confrontés à des flux d'entrée dans un environnement donné. Elle constitue l'outil de connaissance du comportement de ces matériaux dans leur milieu.

L'impact environnemental a été évalué sur la base d'une atténuation de la pollution potentielle depuis la source sur une cible donnée (points d'observation / de conformité) répondant à un objectif de qualité des eaux. Les limites de qualité des eaux brutes destinées à la production d'eau potable (Arrêté du 11.01.2007) définissent les seuils à ne pas dépasser sur les points d'observation, et donc ceux admissibles sur les sources.

Ainsi, la définition des seuils environnementaux pour l'intégration de matériaux alternatifs en construction repose sur le principe du respect d'un niveau admissible de polluants atteignant une cible, émis depuis une source (objets intégrant les matériaux relatifs) et transitant via un milieu (environnement), dont le vecteur de transport majoritaire est l'eau (dans le cas présent).

Cette démarche s'appuie sur des paramètres et hypothèses caractérisant ces éléments et les conditions qui règlent leurs comportements :

1. la définition de la (des) source(s) d'émission de substances au milieu, c'est-à-dire les types d'ouvrages intégrant des matériaux alternatifs, leur organisation et leur usage à l'échelle urbaine, précisant leur exposition aux flux d'eau et modes d'émission ;
2. le(s) milieu(x) fixant les conditions d'entrée et de mobilisation des flux d'eau dans le sous-sol : contextes climatique et hydrogéologique ;
3. la (ou les) cible(s) potentielle(s) exposé(es), identifié(es) par des points d'observation mesurant les concentrations admissibles dans l'environnement des sources d'émission.

Pour ces nouveaux usages, les expérimentations menées pour la technique routière ne sont pas exploitables du fait notamment d'un changement de l'essai expérimental : passage d'un essai de conformité sur matériaux granulaires à un essai sur monolithe. De ce fait, les objets construits, intégrant des matériaux alternatifs, sont le plus souvent des éléments monolithiques ou des assemblages d'éléments, sous forme compacte ou granulaire. Ils se distinguent par l'importance de l'émission sous l'objet :

- type 1 : à faible flux d'eau sous objet (caractérisés par leur étanchéité relative au flux d'eau),
- type 2 : à fort flux d'eau sous objet (caractérisés par la bonne capacité de percolation des flux d'eau),
- type 3 : les objets à flux d'eau permanent, immergés dans l'eau (nappe).

Ces objets construits sont soumis à la « lixiviation » par les eaux de pluie et hors d'eau de nappe pour les types 1 et 2, ou en eau de façon permanente pour le type 3. Ainsi, pour la démarche d'évaluation des seuils par modélisation, il a été retenu une analyse des impacts intégrant l'ensemble des objets construits sur un secteur urbanisé homogène.

Le calcul des seuils environnementaux a été fait pour trois scénarios avec différents niveaux d'exposition et un scénario dit « synthétique », soumis à des conditions climatiques plus défavorables (moindres par rapport au scénario 1 et proches du scénario 2) et intégrant une dégradation partielle des matériaux (donc faiblement plus perméables que dans le scénario 1, sans aller jusqu'au scénario 3), ce que pourrait être le scénario type pour la mesure de l'impact environnemental de l'usage des matériaux alternatifs.

Les valeurs retenues sont celles issues du scénario synthétique, exprimant une situation maximaliste sous conditions climatiques courantes pour des objets ayant pu subir une faible altération.

La définition des essais et des conditions les plus appropriées pour caractériser l'acceptabilité environnementale de l'utilisation de matériaux alternatifs en produits de construction est en cours et devrait s'appuyer sur des programmes expérimentaux visant à tester expérimentalement le comportement au relargage de produits de construction incorporant des matériaux alternatifs.

### **2.2.3.2 Règles spécifiques en matière d'émission de substances dans l'air intérieur sur les produits de construction**

En France, il existe plusieurs réglementations concernant les émissions dans l'air intérieur des produits de construction.

- Arrêté du 30 avril 2009 relatif aux conditions de mise sur le marché des produits de construction et de décoration contenant des substances cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques de catégorie 1 ou 2.
- Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de murs ou de sols et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.
- Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de murs ou de sols et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.

L'Arrêté du 30 avril 2009 stipule que les produits de construction et de décoration ne peuvent être mis sur le marché que s'ils émettent moins de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  des substances suivantes :

- trichloréthylène N° de CAS : 79-01-6 ;
- benzène, n° CAS 71-43-2 ;
- phtalate de bis (2-éthylhexyle), n° CAS 117-81-7 ;
- phtalate de dibutyle, n° CAS 84-74-2.

Cette limite est considérée comme respectée si la valeur de  $1 \mu\text{g}.\text{m}^3$  mesurée et calculée selon les Normes ISO 16000-6 <sup>57</sup>; ISO 16000-9 <sup>58</sup>; NF EN ISO 16000-10 <sup>59</sup> et NF EN ISO 16000-11 <sup>60</sup>, n'est pas dépassée à 28 jours de conditionnement dans la chambre ou cellule d'essai d'émission.

---

<sup>57</sup> ISO 16000-6 : Air intérieur – Partie 6 : Dosage des composés organiques volatils dans l'air intérieur des locaux et enceintes d'essai par échantillonnage actif sur le sorbant Tenax TA, désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse utilisant MS/FID (AFNOR, 2005).

<sup>58</sup> ISO 16000-9 : Air intérieur — Partie 9 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement — Méthode de la chambre d'essai d'émission.

<sup>59</sup> Air intérieur — Partie 10 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement — Cellule d'essai d'émission.

<sup>60</sup> Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement — Échantillonnage, conservation des échantillons et préparation d'échantillons pour essai.

Le Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 s'applique aux produits suivants :

- revêtements de sols, murs ou plafonds ;
- cloisons et faux plafonds ;
- produits d'isolation ;
- portes et fenêtres ;
- produits destinés à la pose ou à la préparation des produits mentionnés au présent article.

Il ne s'applique pas aux produits composés exclusivement de verre non traité ou de métal non traité, ni aux produits de serrure, ferrure ou de visserie.

Ce Décret stipule que les produits mentionnés ci-dessus ne peuvent être mis à disposition sur le marché que s'ils sont accompagnés d'une étiquette, placée sur le produit ou son emballage, indiquant les caractéristiques d'émission en polluants volatils du produit une fois incorporé dans l'ouvrage ou appliqué sur une surface.

Ce Décret est complété de l'Arrêté du 19 avril 2011, qui établit un système de classe pour les 11 substances suivantes :

- 1° Formaldéhyde (numéro CAS : 50-00-0) ;
- 2° Acétaldéhyde (numéro CAS : 75-07-0) ;
- 3° Toluène (numéro CAS : 108-88-3) ;
- 4° Tétrachloroéthylène (numéro CAS : 127-18-4) ;
- 5° Xylène (numéro CAS : 1330-20-7) ;
- 6° 1,2,4-triméthylbenzène (numéro CAS : 95-63-6) ;
- 7° 1,4-dichlorobenzène (numéro CAS : 106-46-7) ;
- 8° Éthylbenzène (numéro CAS : 100-41-4) ;
- 9° 2-Butoxyéthanol (numéro CAS : 111-76-2) ;
- 10° Styrène (numéro CAS : 100-42-5) ;
- 11° Composés Organiques Volatils Totaux (COVT).

Les caractéristiques d'émissions de substances sont formalisées selon une échelle de quatre classes, de A+ à C, la classe A+ indiquant un niveau d'émission très peu élevé, la classe C, un niveau d'émission élevé. Le niveau d'émission est indiqué par la concentration d'exposition, exprimée en  $\mu\text{g.m}^{-3}$ . Le tableau ci-après donne les classes d'émissions pour chacune des substances.

**Tableau 9 : Classement d'émission de substances**

Classes	C	B	A	A+
Formaldéhyde	> 120	< 120	< 60	< 10
Acétaldéhyde	> 400	< 400	< 300	< 200
Toluène	> 600	< 600	< 450	< 300
Tétrachloroéthylène	> 500	< 500	< 350	< 250
Xylène	> 400	< 400	< 300	< 200
1.2.4-Triméthylbenzène	> 2 000	< 2 000	< 1 500	< 1 000
1.4-Dichlorobenzène	> 120	< 120	< 90	< 60
Éthylbenzène	> 1 500	< 1 500	< 1 000	< 750
2.Butoxyéthanol	> 2 000	< 2 000	< 1 500	< 1 000
Styrène	> 500	< 500	< 350	< 250
COVT	> 2 000	< 2 000	< 1 500	< 1 000

D'autres réglementations concernant les émissions dans l'air intérieur peuvent être cités :

- Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène.
- Décret n° 88-683 du 6 mai 1988 relatif à l'utilisation des mousses urée-formol dans les locaux à usage d'habitation ou destinés à une occupation humaine permanente ou semi-permanente.
- Arrêté du 6 mai 1988 relatif à la teneur maximale en formaldéhyde provenant de l'injection des mousses urée-formol dans les locaux à usage d'habitation ou destinés à une occupation humaine permanente ou semi-permanente.
- Décret n° 94-647 du 27 juillet 1994 relatif à la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi du pentachlorophénol, du cadmium et de leurs composés.
- Arrêté du 10 juin 1996 relatif à l'interdiction d'emploi des brasures contenant des additions de plomb dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eaux destinées à la consommation humaine.
- Décret n° 96-1133 du 24 décembre 1996 relatif à l'interdiction de l'amiante, pris en application du Code du Travail et du Code de la Consommation.
- Arrêté du 29 décembre 2000 portant suspension de la mise sur le marché d'un revêtement mural constitué d'une feuille de plomb contrecollée sur du papier.
- Décret n° 2002-460 du 4 avril 2002 relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants. Ce Décret insère dans le Code de la Santé Publique de nouvelles dispositions visant à encadrer plus sévèrement l'utilisation d'éléments radioactifs dans les produits de construction (articles R43-2 et R43-9).
- Arrêté du 23 mai 2003 portant application pour les panneaux à base de bois destinés à la construction du Décret n° 92-647 du 8 juillet 1992 concernant l'aptitude à l'usage des produits de construction, modifié par le Décret n° 95-1051 du 20 septembre 1995.
- Arrêté du 2 juin 2003 modifiant l'Arrêté du 7 août 1997 relatif aux limitations de mises sur le marché et d'emploi de certains produits contenant des substances dangereuses. Cet Arrêté modifie les dispositions particulières liées au traitement du bois.

En France, il existe également la marque NF environnement, le protocole CESAT proposé par le CSTB qui consiste à évaluer les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits ou systèmes de construction innovants, et le protocole de l'AFSSET de 2009 (AFSSET, composés organiques volatils et environnement intérieur. Procédure de qualification des émissions de composés organiques volatils par les matériaux de construction et produits de décoration.).

Le protocole CESAT est basé sur les déclarations environnementales des produits selon la Norme NF EN 15804 comme déjà discuté précédemment dans le rapport de la tâche 1.

Le protocole proposé par l'AFSSET permet de qualifier les matériaux de construction et de décoration au vu de leurs émissions de composés volatils et repose sur trois étapes fondamentales :

- Mesure du facteur d'émission spécifique ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ) d'un produit dans des conditions normalisées à 3 et 28 jours (Normes NF EN ISO 16000-3, 6, 9, 10 et 11) ;
- Calcul des concentrations d'exposition dans une pièce de référence (définie en termes de dimensions et de conditions de ventilation) à l'intérieur de laquelle le produit testé aurait été mis en œuvre, selon un scénario conventionnel ;
- Comparaison des concentrations d'exposition (après 3 et 28 jours) à des concentrations limites établies pour la concentration en COV totale [COVT], pour la concentration en substances cancérigènes et mutagènes (catégories UE 1 et 2) et pour la concentration de chaque composé individuel.

## 2.3 Approche 3 - « Sortie de statut de déchet » : Royaume-Uni

### 2.3.1 Cadre réglementaire applicable à l'utilisation de déchets en construction

Le Royaume-Uni définit depuis 2015 des critères nationaux de sortie de statut de déchet pour la production et l'utilisation de granulats à partir de déchets inertes « Quality protocol for the production of aggregates from inert waste ». Dans le cadre de la Loi britannique sur la protection de l'environnement, les décisions quant à la question de savoir si les résidus ne sont plus des déchets sont prises par l'Agence de l'Environnement au cas par cas (Böhmer et al., 2008).

Afin de donner plus de certitude, d'éviter que les matières ne soient enfouies inutilement et d'augmenter leur utilisation en tant que ressource, le projet des protocoles de qualité des déchets a été mis en place et est mené principalement par l'Agence de l'Environnement (EA) et le programme d'action en matière de déchets et de ressources (WRAP).

Le protocole de qualité spécifie quels déchets sont éligibles pour la sortie de statut de déchet et quels essais doivent être effectués pour assurer la conformité aux critères techniques. Des essais environnementaux ne sont pas exigés car, avant la publication du protocole d'essai, une enquête a été menée sur le contenu et le relargage en éléments dans un certain nombre d'échantillons des différents déchets pour lesquels la sortie de statut de déchets est envisagée afin de donner un aperçu général du contenu et du comportement à lixiviation. En outre, l'évaluation de l'impact sur l'environnement a été effectué sur plusieurs scénarios pendant la vie utile du matériau à l'aide des données des essais de lixiviation comme intrant au modèle d'évaluation.

Le « *Quality protocol for the production of aggregates from inert waste* » prévoit un processus de contrôle uniforme pour les producteurs afin qu'ils puissent démontrer que leur produit a été entièrement valorisé. L'Agence de l'Environnement a jugé que le protocole pouvait être utilisé pour prendre des décisions sur le moment où un déchet cesse d'être un déchet. Bien que le protocole de qualité WRAP ait été destiné en premier lieu au recyclage des matériaux en association avec la construction routière, les principes devraient être adoptés lorsque les RCA (granulats recyclés, Étude RECORD n°18-0165/1A

principalement les granulats de béton recyclé) doivent être considérés pour l'utilisation dans le béton structurel.<sup>61, 62</sup>

Le protocole couvre le contrôle de la production en usine, la description des produits, les critères d'acceptation, les essais, l'enregistrement et les obligations d'information du producteur. Ce protocole est applicable en Angleterre, au Pays de Galles et en Irlande du Nord. Les déchets considérés comme inertes acceptables pour la production de granulats recyclés à condition qu'il n'y ait aucune suspicion de contamination sont listés dans le Tableau 10. La liste représente essentiellement les types de déchets inertes dont l'élimination en décharge de déchets inertes est autorisée sans essais.

**Tableau 10 : Type des déchets acceptés pour la production de granulats recyclés dans le Royaume-Uni ( Waste & Resources action program,2005 ; Velzeboer,I and van Zomeren, A, 2017)**

Code-EWC	Description	Restrictions
10 11 03	Déchets de matériaux à base de fibre de verre	Uniquement sans liants organiques.
15 01 07	emballages en verre	Déchets de C&D sélectionnés acceptables uniquement avec faible teneur en d'autres types de matériaux (comme les métaux, plastiques, matières organiques, bois, caoutchouc, etc.). L'origine des déchets doit être connue.
17 01 01	Béton	
17 01 02	Briques	
17 01 03	carrelage et céramiques	
17 01 07	mélange béton, briques, céramiques	
17 02 02	Verre	
17 05 04 17 05 08	Sols et pierres, y compris le gravier et la pierre concassée, le sable, l'argile et le ballast de voie ferrée	Exclusion de la terre végétale, de la tourbe ; exclusion du sol et des pierres provenant de sites contaminés.
19 12 05	Verre	
20 01 02	Verre	Collecté séparément.
20 02 02	Sols et pierres limités aux déchets de parcs	Uniquement à partir de déchets de jardins et de parcs ; exclusion des terres végétales, tourbe.

Cette réglementation comporte des exigences pour les matériaux intrants, la production des granulats recyclés et la qualité du produit avec une assurance qualité pour les granulats recyclés qui cessent d'être des déchets (Velzeboer,I and van Zomeren, A, 2017) :

- **Matériaux intrants**

Les seuls matériaux intrants acceptables sont les déchets inertes listés dans le Tableau 10. Les déchets inertes ne sont pas autorisés à contenir ou être contaminés par des substances dangereuses telles que décrites dans la liste des déchets de l'Angleterre, du Pays de Galles et de l'Irlande du Nord (Règlement 2005). Les quantités accidentelles de constituants tels que le sol, la tourbe, les argiles, les limons, le bois, le plastique, le caoutchouc et le métal qui peuvent être présents dans les déchets inertes, doivent être éliminées pendant le traitement des déchets. Une partie de ces constituants inertes sont

<sup>61</sup> Bio by Deloitte (2015). Construction and Demolition Waste management in United Kingdom.

<sup>62</sup> WRAP (2013). Quality protocol: aggregates from inert waste. Environment Agency

[https://www.gov.uk/government/publications/quality-protocol-production-of-aggregates-from-inert-waste.](https://www.gov.uk/government/publications/quality-protocol-production-of-aggregates-from-inert-waste)

également énumérés dans le Tableau 10, mais ils ne doivent pas être mélangés afin de pouvoir être considérés pour l'acceptation de la sortie de statut de déchet. Le pourcentage maximal de teneur en ces constituants est de 1 % en masse.

- **Réglementation du processus de production**

Le processus de transformation d'un déchet inerte en un produit est classé comme une opération de valorisation des déchets et est soumise aux contrôles de gestion des déchets prévus dans la Directive Européenne Cadre sur les déchets et dans la législation nationale. Le Protocole de Qualité n'a pas d'incidence sur l'obligation des producteurs de détenir un permis environnemental (y compris l'exonération : en Irlande du Nord, une licence ou une exonération de gestion des déchets ou un permis de Pollution, Prévention et Control (PPC)) qui autorise le stockage et le traitement des déchets inertes, et à être en conformité avec ces conditions.

- **Contrôle de la production**

Le traitement, l'échantillonnage et les essais sur les granulats recyclés doivent être conformes aux normes (normes EN sur les granulats) correspondant à l'usage auquel ils sont destinés. Le granulat ne doit pas nécessiter de traitement ultérieur, y compris le broyage.

- **Qualité du produit**

Les granulats doivent satisfaire à toutes les exigences d'une norme BS EN sur les granulats adaptés à l'usage auquel ils sont destinés.

- BS EN 13242 : granulats pour matériaux non liés et liés hydrauliquement destinés aux travaux de génie civil et à la construction routière.
- BS EN 12620 : granulats pour béton.
- BS EN 13043 : granulats pour mélanges bitumineux et traitements de surface pour routes, terrains d'aviation et autres zones de circulation.
- BS EN 13108-8 : enrobés bitumineux - spécifications des matériaux - partie 8 : asphalte coulé.
- BS EN 16236 : évaluation de la conformité des granulats – essais préliminaires et le contrôle de la production en usine.

Le Royaume-Uni ne dispose d'aucun critère concernant le relargage ou la teneur totale en polluants pour le granulat produit. Les granulats doivent être produits conformément à une norme technique et/ou une spécification de produit reconnue. Cette spécification définira les propriétés et les caractéristiques du produit en fonction de son application. Lorsque les granulats produits sont conformes au Protocole de Qualité, ils ne sont plus considérés comme des déchets.

- **Assurance de la qualité**

Une déclaration attestant que le produit est fabriqué conformément au protocole de qualité doit être émise. Les essais et les procédures doivent être conformes aux normes spécifiées auparavant.

Les principales étapes et mécanismes de contrôle du Protocole de Qualité pour la fabrication de granulats à partir de déchets inertes sont présentés dans le schéma suivant :

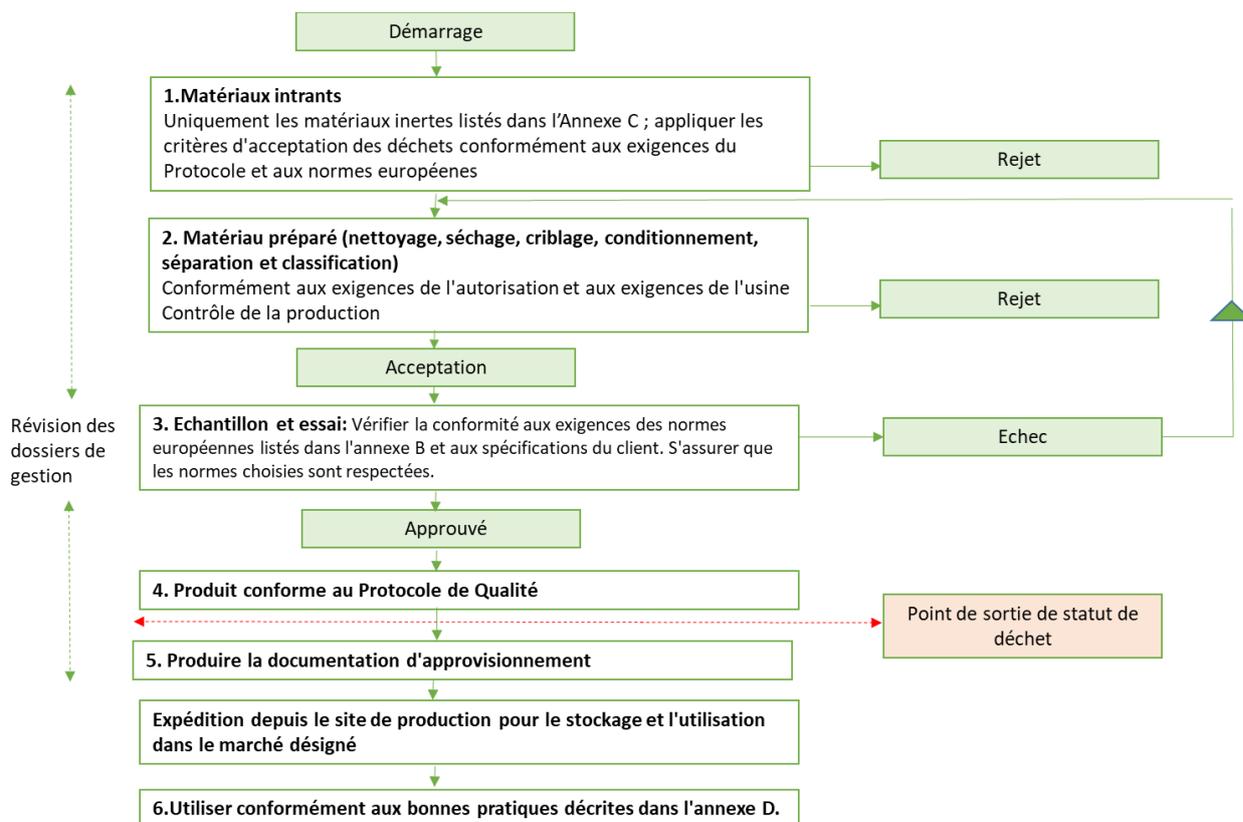


Figure 14 : Schéma global des principales étapes et mécanismes de contrôle du Protocole de Qualité pour la fabrication de granulats à partir de déchets inertes.

### 2.3.2 IsItWaste : l'outil pour la sortie de statut de déchet

Dans le cadre de la réglementation de la sortie de statut de déchet, l'outil IsItWaste a été développé par l'Agence de l'Environnement du Royaume-Uni afin d'aider les entreprises à déterminer si les résidus de production ou les produits dérivés de déchets entrent dans la définition légale des déchets. Le développement de l'outil a été financé par le programme EQual de l'UE en 2015 pour encourager la récupération et le recyclage et la remise en service des ressources alternatives.

Avec le développement des critères de sortie de statut de déchet de l'UE et des protocoles de qualité créés par l'Agence, un certain nombre de matériaux qui étaient auparavant réglementés comme déchets peuvent désormais être classés comme "non-déchets" et commercialisés de la même manière que tout autre produit.

IsItWaste pose une série de questions auxquelles une réponse "oui", "non" ou "ne sait pas" peut être donnée. Il peut également exiger des utilisateurs de fournir d'autres informations sous forme de documents ou de donner des références à des documents. Des informations détaillées sur le produit et sur le déchet dont il est dérivé doivent être bien renseignées afin de compléter l'évaluation.

L'outil demande des détails sur les éléments suivants :

- Le permis environnemental ou exemption, s'il y a lieu.
- La composition du produit et les déchets utilisés.
- Les méthodes d'échantillonnage et d'analyse employés, qui devraient normalement être accréditées par le UK Accreditation Service.
- Le marché pour le matériel : s'il répond aux normes, il faut fournir ces normes.
- Une évaluation des risques démontrant que le produit ne présente pas de risque inacceptable pour l'environnement et que tout risque n'est pas supérieur à celui d'un produit équivalent (par exemple un carburant) qui ne provient pas de déchets.

Une fois tous les détails fournis, IsItWaste génère une évaluation qui peut être soumise auprès du service de définition des déchets de l'Agence de l'Environnement pour obtenir un avis sur le statut de déchet du matériau.

Le processus décisionnel concernant la définition des déchets est basé sur les articles 5 et 6 de la Directive Cadre 2008/98/CE de l'UE relative aux déchets. Avant d'utiliser l'outil IsItWaste, il est conseillé de consulter le guide DEFRA sur la définition des déchets au Royaume-Uni, qui explique la différence entre un déchet et un sous-produit et résume les circonstances dans lesquelles un produit dérivé de déchets peut être considéré comme non-déchet.

### 2.3.3 Synthèse

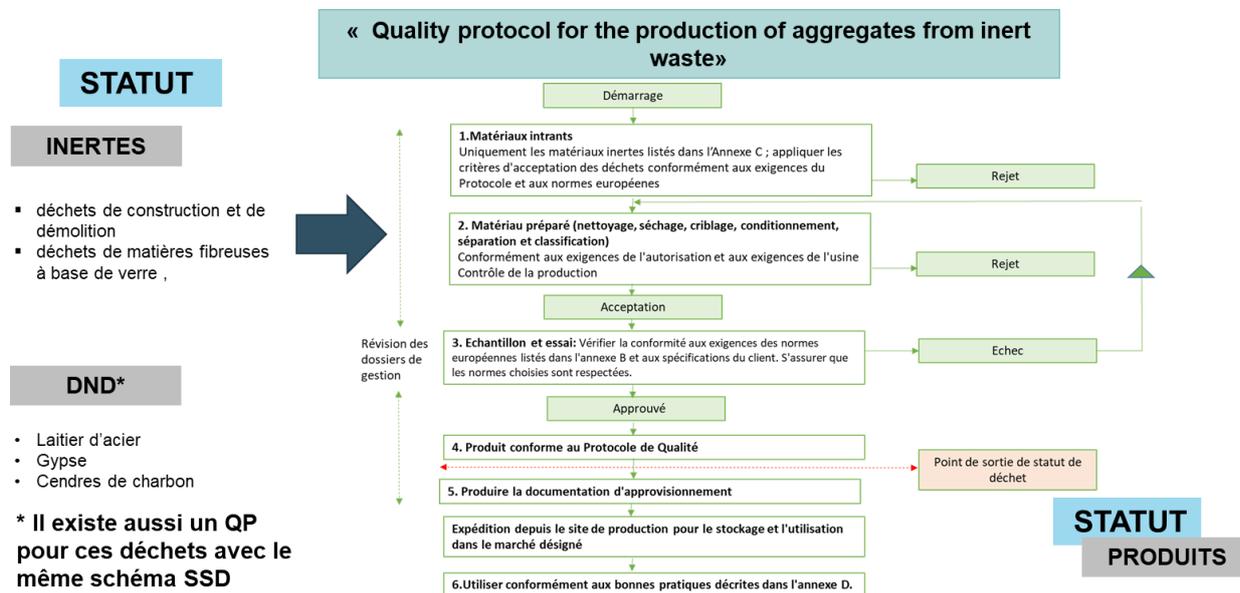


Figure 15. Royaume-Uni : Schéma global des principales étapes et mécanismes de contrôle du Protocole de Qualité pour la fabrication de granulats à partir de déchets inertes (RECORD, 2019)

### 3 Règles en matière d'évaluation environnementale du cycle de vie des matériaux incorporant des déchets

En ce qui concerne les produits de construction, les évaluations environnementales du cycle de vie se font au travers des déclarations environnementales produits via la Norme NF EN 15804+A1. Cette norme européenne est actuellement en cours d'amendement (EN 15804+A2). Ces évaluations permettent d'avoir des informations sur les impacts environnementaux sur les émissions dans l'air. Chaque état membre dispose d'un programme pour l'établissement de déclarations environnementales pour les produits de construction selon la Norme EN 15804+A1. Une grande majorité de ces programmes est regroupée sur la plateforme européenne ecoplatform (<https://www.eco-platform.org>).

Il existe également le programme PEF<sup>63</sup> (Product Environmental Footprint) de la Commission Européenne qui vise à définir des règles pour l'évaluation environnementale du cycle de vie de tous types de produits (produit de construction compris).

En France, les déclarations environnementales des produits de construction sont disponibles sur la base réglementaire (<http://www.declaration-environnementale.gouv.fr/>) ainsi que via le programme INIES. Il existe en France un complément national à la Norme EN 15804+A1, la Norme NF 15804/CN qui spécifie deux indicateurs supplémentaires par rapport à la Norme Européenne sur la pollution de l'air et la pollution de l'eau, comme déjà mentionné dans le rapport de la tâche 1.

Nous trouvons également l'Arrêté du 23 décembre 2013 relatif à la déclaration environnementale des produits de construction et de décoration destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment, dans lequel sont fixés les facteurs de caractérisation pour ces deux indicateurs.

La Loi ÉLAN : loi n° 2018-1021 du 23 novembre 2018 portant Évolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique, parue en 2018, qui modifie également le Code de la Construction et de l'Habitation concernant la qualité de l'air intérieur au travers des 2 articles suivants (n° 178 et n° 181) :

- **Article 178**

« La section 4 du chapitre 1er du titre 1er du livre 1er du Code de la Construction et de l'Habitation est ainsi modifiée :

1° - Après l'article L. 111-9-1, il est inséré un article L. 111-9-2 ainsi rédigé :

« Art. L. 111-9-2 - Un Décret en Conseil d'État définit :

« 1° Pour les produits de construction et équipements, les modalités de calcul et de formalisation des informations nécessaires au respect des exigences mentionnées à l'article L. 111-9, en particulier :

« a) Les émissions de gaz à effet de serre tout au long du cycle de vie ;

« b) Leur contribution au stockage du carbone de l'atmosphère pendant la durée de vie des bâtiments ;

« c) La quantité de matériaux issus de ressources renouvelables ou du recyclage qui leur sont incorporés ;

---

<sup>63</sup> Product Environmental Footprint Category 1 Rules Guidance 2 Version 6.3 – May 2018.

« d) Pour certaines catégories de produits et équipements, leurs impacts sur la qualité de l'air intérieur du bâtiment.

« 2° Les obligations de mise à disposition du public de ces informations ;

« 3° Les obligations de compétences et la garantie d'indépendance et d'impartialité des personnes vérifiant ces informations. ».

2° - À la première phrase de l'article L. 111-9-1, les mots « la réglementation thermique a été prise » sont remplacés par les mots « les réglementations environnementales et thermiques ont été prises ».

Cette dernière modification implique la formulation suivante de l'article L. 111-9-1 « Un Décret en Conseil d'État définit les conditions dans lesquelles, à l'issue de l'achèvement des travaux portant sur des bâtiments neufs ou sur des parties nouvelles de bâtiment existant soumis à permis de construire, le maître d'ouvrage fournit à l'autorité qui a délivré le permis de construire un document attestant que les réglementations environnementales et thermiques ont été prises en compte par le maître d'œuvre ou, en son absence, par le maître d'ouvrage. Cette attestation doit être établie, selon les catégories de bâtiments neufs ou de parties nouvelles de bâtiment existant soumis à permis de construire, par un contrôleur technique mentionné à l'article L. 111-23, une personne répondant aux conditions prévues par l'article L. 271-6, un organisme ayant certifié, au sens des articles L. 433-3 à L. 433-10 du Code de la Consommation, la performance énergétique du bâtiment neuf ou de la partie nouvelle du bâtiment et ayant signé une convention avec le ministre chargé de la construction ou un architecte au sens de l'article 2 de la Loi n° 77-2 du 3 janvier 1977 sur l'architecture. »

- **Article 181**

« I - L'article L. 111-9 du Code de la Construction et de l'Habitation est ainsi modifié :

1° Au début, il est ajouté un alinéa ainsi rédigé :

« Les performances énergétiques, environnementales et sanitaires des bâtiments et parties de bâtiments neufs s'inscrivent dans une exigence de lutte contre le changement climatique, de sobriété de la consommation des ressources et de préservation de la qualité de l'air intérieur. Elles répondent à des objectifs d'économies d'énergie, de limitation de l'empreinte carbone par le stockage du carbone de l'atmosphère durant la vie du bâtiment, de recours à des matériaux issus de ressources renouvelables, d'incorporation de matériaux issus du recyclage, de recours aux énergies renouvelables et d'amélioration de la qualité de l'air intérieur. »

2° Le troisième alinéa est ainsi rédigé :

«- à partir de 2020, pour les constructions nouvelles, en fonction des différentes catégories de bâtiments, le niveau d'empreinte carbone à respecter, évalué sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, en intégrant la capacité de stockage du carbone dans les matériaux ; »

3° Après le même troisième alinéa, sont insérés trois alinéas ainsi rédigés :

«- les exigences en matière de qualité de l'air intérieur des bâtiments ;

«- les exigences en matière de recours à des matériaux issus des ressources renouvelables ou d'incorporation de matériaux issus du recyclage ;

«- les exigences en matière de stockage du carbone pendant le cycle de vie du bâtiment ; »

Ainsi, l'article L. 111-9 est ainsi rédigé :

« Les performances énergétiques, environnementales et sanitaires des bâtiments et parties de bâtiments neufs s'inscrivent dans une exigence de lutte contre le changement climatique, de sobriété de la consommation des ressources et de préservation de la qualité de l'air intérieur. Elles répondent à des objectifs d'économies d'énergie, de limitation de l'empreinte carbone par le stockage du carbone de l'atmosphère durant la vie du bâtiment, de recours à des matériaux issus de ressources renouvelables, d'incorporation de matériaux issus du recyclage, de recours aux énergies renouvelables et d'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

Un Décret en Conseil d'État détermine :

- pour les constructions nouvelles, en fonction des différentes catégories de bâtiments, leurs caractéristiques et leur performance énergétiques et environnementales, notamment au regard des émissions de gaz à effet de serre, de la consommation d'eau ainsi que de la production de déchets liées à leur édification, leur entretien, leur réhabilitation et leur démolition ;
- à partir de 2020, pour les constructions nouvelles, en fonction des différentes catégories de bâtiments, le niveau d'empreinte carbone à respecter, évalué sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, en intégrant la capacité de stockage du carbone dans les matériaux ;
- les exigences en matière de qualité de l'air intérieur des bâtiments ;
- les exigences en matière de recours à des matériaux issus des ressources renouvelables ou d'incorporation de matériaux issus du recyclage ;
- les exigences en matière de stockage du carbone pendant le cycle de vie du bâtiment ;
- les conditions dans lesquelles le maître d'ouvrage atteste de la réalisation de l'étude de faisabilité relative aux approvisionnements en énergie ainsi que de la prise en compte de la réglementation thermique au moment du dépôt du dossier de demande de permis de construire ;
- les catégories de bâtiments qui font l'objet, avant leur construction, d'une étude de faisabilité technique et économique. Cette étude évalue ou envisage obligatoirement pour certaines catégories de bâtiments les diverses solutions d'approvisionnement en énergie de la nouvelle construction, dont celles qui font appel aux énergies renouvelables, aux productions combinées de chaleur et d'énergie, aux systèmes de chauffage ou de refroidissement urbain ou collectif s'ils existent, aux pompes à chaleur performantes en termes d'efficacité énergétique ou aux chaudières à condensation gaz, sans préjudice des décisions des autorités compétentes pour les services publics de distribution d'énergie ;
- le contenu et les modalités de réalisation de cette étude. »

Il - Au second alinéa de l'article L. 152-1 du Code de la Construction et de l'Habitation, le mot « deuxième » est remplacé par le mot « troisième ».

Ainsi, l'article L. 152-1 est ainsi rédigé : « Les infractions aux dispositions des articles L. 111-4, L. 111-7 à L. 111-7-4, L. 111-8, L. 111-9, L. 111-10, L. 111-10-1, L. 111-10-4, L. 112-17, L. 112-18, L. 112-19, L. 125-3, L. 131-4 et L. 135-1, sont constatées par tous officiers ou agents de police judiciaire ainsi que par tous les fonctionnaires et agents de l'État et des collectivités publiques commissionnés à cet effet par le maire ou le ministre chargé de la construction et de l'habitation suivant l'autorité dont ils relèvent et assermentés. Les procès-verbaux dressés par ces agents font loi (1) jusqu'à preuve du contraire.

À l'issue de l'achèvement des travaux de bâtiments neufs ou de parties nouvelles de bâtiment soumis à permis de construire, les infractions aux dispositions du troisième alinéa de l'article L. 111-9 peuvent être également constatées par les agents commissionnés à cet effet et assermentés, prévus par le présent article, au vu d'une attestation établie par un contrôleur technique mentionné à l'article L. 111-23, une personne répondant aux conditions de l'article L. 271-6 ou un architecte au sens de l'article 2 de la Loi n° 77-2 du 3 janvier 1977 sur l'architecture. »

En Allemagne, le programme de déclaration environnementale pour les produits de construction est géré par l'IBU (Institut Bauen und Umwelt e.V, <https://ibu-epd.com/epd-programm/>). Aux Pays-Bas, le programme de déclaration environnementale est géré par le MRPI (Milieu Relevante Product Informatie (<http://www.mrpi.nl/>)), au Royaume-Uni il s'agit du BRE au travers du Green Book Live (<http://www.greenbooklive.com/search/scheme.jsp?id=260>), et en Autriche il s'agit du BAU EPD (<http://www.bau-epd.at/de/startseite/>). Ces différents programmes européens sont alignés sur les exigences de la Norme Européenne EN 15804+A1.

## 4 Synthèse

### 4.1 Bilan des règles en matière d'incorporation de déchets dans les matériaux de construction

Le Tableau 11 résume les principaux éléments de l'examen des règles pratiques et actuelles sur l'incorporation des déchets dans des matériaux de construction dans les quatre pays sélectionnés.

Il ressort que chaque pays a créé une démarche de réussite / échec pour l'évaluation et l'utilisation de matériaux dans certains travaux de construction, basés pour la plupart sur le respect des valeurs seuils d'émission de substances dans l'eau et les sols. Cette démarche est appliquée à des matériaux minéraux principalement granulaires utilisés en génie civil, mais aussi, dans une moindre mesure, pour des matériaux monolithiques dans des ouvrages de génie civil, voire de construction de bâtiment.

Dans le cas de l'*Autriche*, la démarche est basée sur l'évaluation des conditions d'admission des déchets en installation de stockage de déchets inertes. L'Ordonnance sur les matériaux de construction recyclés (2016) fixe les exigences à respecter pour la fabrication des matériaux de construction recyclés. Le guide pour les granulats de construction recyclés paru en 2017 précise les modalités de production de granulats à partir de déchets de construction / déconstruction pour des applications données. Il établit le type d'évaluation à effectuer sur les matériaux (prêts à être utilisés) et définit la classification des granulats issus de déchets de construction / démolition selon les seuils de lixiviation et le contenu total.

Le texte réglementaire sur les matériaux de construction recyclés définit aussi les exigences pour la sortie de statut de déchets des granulats recyclés. Les critères spécifiques de sortie de statut de déchet des granulats de construction / démolition sont également présentés.

Pour l'Allemagne et les Pays-Bas, la démarche est basée sur le principe d'une compatibilité de l'émission de polluants depuis le matériau vers le sol et jusqu'aux milieux récepteurs (eaux souterraines et superficielles).

L'*Allemagne* dispose à présent d'une Ordonnance Cadre « Substitute Building Materials Ordinance », en version provisoire de 2017, qui a pour objectif de favoriser la valorisation des déchets minéraux qui constituent un des flux de déchets les plus importants dans le pays. Cette Ordonnance décrit l'approche pour garantir que l'utilisation de matériaux de construction minéraux de substitution est conforme aux objectifs de la Loi sur l'économie circulaire, de la Loi sur les ressources en eau et de la Loi sur la protection des sols.

Les critères d'émission de substances dans l'eau pour la réutilisation / recyclage des matériaux sont définis. Des limites générales de lixiviation ont été définies pour les différents types de matériaux. Les possibilités d'utilisation de chaque matériau sont précisées en combinant différentes options d'application techniques spécifiques en différents scénarios.

En ce qui concerne la sortie de statut de déchet, la liste des matériaux qui peuvent atteindre ce statut est donnée dans le projet d'Ordonnance.

Dans le cas des *Pays-Bas*, le Soil Quality Decree, 2007, constitue le texte de base de cette démarche. Il simplifie l'utilisation des matériaux en construction en réduisant les contraintes administratives et en ayant recours à des déclarations de conformité pour un grand nombre d'entre eux. À la différence des Étude RECORD n°18-0165/1A

autres réglementations, ce Décret ne fait plus la distinction entre les produits et les matières premières secondaires.

Cette réglementation présente aussi comme particularité des valeurs d'émission limites fixées distinctement pour les matériaux de construction monolithiques et granulaires. Il est également indiqué comment établir si le matériau de construction est monolithique ou non. Cette distinction est faite car le processus de lixiviation diffère pour les deux types de matériaux.

Les Pays-Bas ont aussi développé une réglementation avec des critères de SSD spécifiquement pour les déchets « pierreux » issus de la construction, la rénovation, et la démolition d'immeubles, de routes ou pour les déchets de type et de composition similaire.

Le *Royaume-Uni* est le seul des quatre pays étudiés dont la démarche est uniquement basée sur la sortie de statut de déchet. Depuis 2015, des critères nationaux de sortie de statut de déchet pour la production et l'utilisation de granulats à partir de déchets inertes ont été définis dans les « Quality Protocols » de l'Agence de l'Environnement.

Les protocoles de qualité spécifient quels déchets sont éligibles pour la sortie de statut de déchet et quels essais doivent être effectués pour assurer la conformité aux critères techniques. Des essais environnementaux ne sont pas exigés car? avant la publication du protocole d'essai, une enquête a été menée sur le contenu et le relargage en éléments dans un certain nombre d'échantillons des différents déchets pour lesquelles la sortie de statut de déchets est envisagée afin de donner un aperçu général du contenu et du comportement à lixiviation.

Bien que le protocole de qualité ait été destiné en premier lieu au recyclage des matériaux en association avec la construction routière, les mêmes principes devraient être adoptés lorsqu'ils sont utilisés dans le béton structurel.

En ce qui concerne les valeurs limites existantes (lixiviation et contenu total) et les tests normalisés utilisés dans les différents pays pour définir l'utilisation de matériaux minéraux dérivés de déchets, il a été observé un manque d'harmonisation. Les valeurs limites ne sont pas entièrement comparables puisque les paramètres mesurés changent d'une réglementation à l'autre ; les valeurs correspondent à des protocoles d'essai de lixiviation différents (Batch et colonne) avec des ratios L/S variables et, pour certains pays comme l'Allemagne et l'Autriche, les valeurs sont spécifiques à des matériaux et/ou des applications précises.

Tableau 11 : Synthèse de l'examen des règles pratiques et actuelles sur l'incorporation des déchets dans des matériaux de construction dans les quatre pays sélectionnés

Pays	Démarche Règlementaire					Matériaux concernés	Type d'utilisation	Critères pour l'émission de substances dans l'eau			Exigences appliquées aux	
	Procédures et Critères d'admission des déchets inertes en décharge	Evaluation des risques d'émission de substances dans l'eau et dans le sol en scénario	Critères SSD	Textes réglementaires	Instruments non réglementaires			critères CT	critères Lixi	Essai normatif	Matériaux intants (déchets)	Matériaux préparés
Autriche	OUI	NO	DCD; cendres du charbon	Recycled construction materials Ordinance, 2016 ÖNORM B 3140: 2015 03 01: granulats recyclés pour le génie civil	The Austrian Construction Materials Recycling Association I guidelines	Déchets de construction et démolition, déchets issus de procédés thermiques	Technique routière ; génie civil	Oui, inorganiques	Oui, inorganiques, organiques	EN 12457-4 L/S 10	NO	OUI
Allemagne	NO	OUI	NO	Ordinance introducing a Substitute Building Materials Ordinance, redrafting the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance and amending the Landfill Ordinance and the Commercial Waste Ordinance, 2017	-	laitiers de haut fourneau, les sables de haut-fourneaux, les laitiers d'aciérie, les scories de cubilots de fonderie, les sables résiduels de fonderie, les granulats de fours à charbon issus de la combustion de la houille, les cendres de Chaudière à charbon, les cendres volantes de lignite et les cendres d'incinération d'ordures ménagères, les terres excavées, les résidus de dragage, les matériaux de construction et démolition	Technique routière; génie civil	Oui	Oui	Test de percolation en colonne selon DIN 19528 (2009) L/S 2	NO	OUI
Pays-Bas	NO	OUI	"stony waste": DCD	Soil Quality Decree, 2007; Règlement SSD	-	Tous les matériaux granulaires, ou monolithiques, et pour les sols pollués	Application ouverte : taux d'infiltration 300 mm/an Application isolée : taux d'infiltration 6 mm/an	organiques	inorganiques	NEN 7343 pour les matériaux granulaires et NEN 7375 pour les matériaux monolithiques	NO	OUI
Royaume Uni	NO	NO	OUI	UK Environmental Protection (Duty of Care) Regulations; Quality protocols	-	Déchets de construction et démolition, déchets de matières fibreuses à base de verre, cendres combustibles pulvérisées (PFA) (y compris cenosphères) et cendres résiduelles de four (FBA) provenant de la combustion du charbon avec ou sans matériaux de cocombustion	Technique routière ; génie civil	No	No	No	OUI	OUI

## 4.2 Systèmes de labels européens sur les émissions de substances dans l'air intérieur

L'analyse sur l'émission de substances dans l'air intérieur sur les produits de construction a montré qu'il existe très peu de réglementations applicables en matière de produits de construction. Toutefois, des labels existent au niveau européen. Le tableau ci-après extrait du rapport EAC n° 24 de 2005 <sup>64</sup> permet de faire une synthèse comparative de ces différents labels. L'analyse a montré que, contrairement aux émissions dans le milieu aquatique, les valeurs limites en émissions et en contenu, et les essais concernent le produit final utilisant la matière secondaire.

---

<sup>64</sup> European Collaborative Action Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure. Report n°24. Harmonisation of indoor material emissions labelling systems in the EU. Inventory of existing schemes. 2005. Étude RECORD n°18-0165/1A

Tableau 12 : Labels européens en matière d'émission de substances dans l'air intérieur

	AgBB	CESAT	M1	ICL	LQAI scheme	Natureplus, examples: Linoleum + carpets	Blue Angel, example: RAL UZ 120 floor coverings	Austrian Ecolabel, example: Ö UZ 42 resilient floor coverings	GUT	EMICODE EC1, example: adhesives	Scandinavian Trade Standards
<b>General</b>											
<b>Origin</b>	Germany	France	Finland	Denmark	Portugal	Germany	Germany	Austria	Germany	Germany	Sweden
<b>Source for more information</b>	<a href="http://www.umweltbundesamt.de/building-products/agbb.htm">http://www.umweltbundesamt.de/building-products/agbb.htm</a>	<a href="http://www.cstb.fr">www.cstb.fr</a>	<a href="http://www.rts.fi">www.rts.fi</a>	<a href="http://www.indeklima.org">www.indeklima.org</a>	<a href="http://www.markelink.com/directorios/ct2004/lab-qual-ar-int.htm">www.markelink.com/directorios/ct2004/lab-qual-ar-int.htm</a>	<a href="http://www.natureplus.org">www.natureplus.org</a>	<a href="http://www.blauer-engel.de">www.blauer-engel.de</a>	<a href="http://www.umweltzeichen.at">www.umweltzeichen.at</a>	<a href="http://www.gut-ev.de">www.gut-ev.de</a>	<a href="http://www.emicode.com">www.emicode.com</a>	<a href="http://www.golvbranschen.se">www.golvbranschen.se</a>
<b>Legal status</b>	basic concept for Germany	voluntary, complement to French technical Agreement	voluntary (private), promoted by government	voluntary (private), promoted by government	voluntary (association between private organization and public institution)	voluntary (private), promoted by several retailer chains	voluntary (private), promoted by government	voluntary (private), promoted by government	voluntary (private)	voluntary (private)	trade agreement
<b>Scheme/label is based on</b>	ECA report 18	ECA report 18	N/A	N/A	ECA report 18	AgBB	AgBB	ECA report 18	AgBB	N/A	N/A
<b>Product types covered</b>	meant for all types of construction products relevant to indoor air	several types of construction products	all type of construction products	open to all types of products relevant to indoor air	several types of products for indoor use	several types of construction products	several types of products for indoor use	several types of construction products	textile floor coverings	products for installation of floor coverings	several types of construction products

Sampling and Test specimen	based on EN 13419-3	EN 13419-3	similar to EN 13419-3	EN 13419-3	EN 13419-3	EN 13419-3	based on EN 13419-3	EN 13419-3	like DIBt, based on EN 13419-3	similar to EN 13419-3	specified for each type of product, principally similar to EN 13419-3
- Chamber operation	EN 13419-1	EN 13419-1/-2	EN 13419-1/-2	EN 13419-1/-2	EN 13419-1	EN 13419-1 / ENV 717-1	EN 13419-1	EN 13419-1	EN 13419-1	EN 13419-1	EN 13419-2
- Chamber type	EN 13419-1/2	EN 13419-1/-2	EN 13419-1/-2	EN 13419-1/-2	EN 13419-1	EN 13419-1 / ENV 717-1	EN 13419-1	EN 13419-1	EN 13419-1	EN 13419-1 but minimum 100 litres	EN 13419-2
- Analyses / VOC	similar to ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6	similar to ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-3/-6	similar to ISO 16000-6	similar to ISO 16000-6
- Analyses / aldehydes	ISO 16000-3	ISO 16000-3	ISO 16000-3 or ENV 717-1	ISO 16000-3	special method	ENV 717-1	ISO 16000-3	ISO 16000-6	ISO 16000-3	ISO 16000-3	ISO 16000-3
- First testing	3 days	24 h carcinogens	28 days	3 days	3 days	24 h carcinogens	3 days	24 h	3 days	24 h carcinogens	28 days after manufacturing
- Second testing	28 days	3 days	N/A	10 days	28 days	3 or 28 days	28 days	28 days	N/A	10 days	26 weeks
- Third testing	N/A	28 days	N/A	28 days	N/A	28 days (carpets / SVOC)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
- Odour test	no, but intended later	CLIMPAQ, intensity	CLIMPAQ 28 days, acceptance >0	CLIMPAQ, acceptance>0, intensity<2	no	desiccator test < 3	no, but intended later	no	desiccator test < 3	no	for self-levelling compounds only

- TVOC definition applied	based on ISO 16000-6 but modified	ISO 16000-6	ISO 16000-6	no TVOC monitored	ECA report 19	ECA report 18	based on ISO 16000-6, but modified (AgBB)	ECA report 18	ECA report 18	GEV specific, based on ISO 16000-6, sum of TVOC+TVOC+TSVOC (ca. C <sub>5</sub> -C <sub>22</sub> )	based on ISO 16000-6, but modified C <sub>6</sub> -C <sub>18</sub> ,
- TVOC	(3rd day) TVOC 10 mg/m <sup>3</sup> , (28th day) 1,0 mg/m <sup>3</sup>	TVOC 5000 µg/m <sup>3</sup> (3 days), 200 µg/m <sup>3</sup> (28 days)	TVOC 200 µg/m <sup>3</sup> h (28 days)	all VOC after calculation for model room below 0,5 OT and 0,5 IT	TVOC 5000 µg/m <sup>3</sup> h (3 days); 200 µg/m <sup>3</sup> h (28 days)	TVOC 200 or 300 µg/m <sup>3</sup> (28 days)	(3rd day) TVOC 1200 µg/m <sup>3</sup> , (28th day) 360 µg/m <sup>3</sup>	380 µg/m <sup>3</sup> h (28 days)	TVOC 300 µg/m <sup>3</sup> (3 days)	TVOC 500 µg/m <sup>3</sup> (10 days)	declaration of TVOC at 28 days and at 26 weeks, no limits specified
- SVOC	(28th day) TSVOC 100 µg/m <sup>3</sup>	no	no	no	not included in TVOC; Comparison with respective LCI	TSVOC (ISO) 100 µg/m <sup>3</sup> (28 days)	(28th day) TSVOC 40 µg/m <sup>3</sup>	no	TSVOC 30 µg/m <sup>3</sup> (3 days)	included in TVOC	no
- VVOC	no	no	no	no	comparison with respective LCI	no	no, but intended later	no	no	included in TVOC	no
- Aldehydes, additional requirements	DIBt: 120 µg/m <sup>3</sup> day 28	formaldehyde 10 µg/m <sup>3</sup> after 28 days	formaldehyde 50 µg/m <sup>3</sup> h (28 days)	all aldehydes after calculation for model room below 0,5 OT and 0,5 IT	formaldehyde 10 µg/m <sup>3</sup> after 28 days	formaldehyde 36 µg/m <sup>3</sup> after 3 or 28 days	(28th day) formaldehyde 60 µg/m <sup>3</sup>	hexanal 70 µg/m <sup>3</sup> h, nonanal 20 µg/m <sup>3</sup> h	formaldehyde 10 µg/m <sup>3</sup> after 3 days	formaldehyde, acetaldehyde each 50 µg/m <sup>3</sup> (24 h)	formaldehyde according to WHO recommendation for self-levelling compounds

- list with target compounds	NIK, updated yearly, and R value	LCI as of 1997 and R value	no	database with IT and OT (VOCBASE)	list of identified compounds with respective LCI as of 1997 and R value	several limits for single VOC and groups of VOC	NIK (AgBB), updated yearly, and R value	some limits for single VOC and groups of VOC	NIK (AgBB), updated yearly, and R value	no	all > 5 µg/m <sup>3</sup>
- restricted emission of unknown or not assessable VOC	100 µg/m <sup>3</sup>	as considered in ECA report 18	no	no	sum of identified compounds without respective LCI < 20 µg/m <sup>3</sup> after 28 days	no	100 µg/m <sup>3</sup>	no	100 µg/m <sup>3</sup>	no	no
-restriction of other emitted compounds	no	no	ammonia 30 µg/m <sup>3</sup> h (28 days) and restriction on casein in the products	all compounds below 0,5 OT and 0,5 IT	no	no	N-nitrosamine	no	vinyl chloride, vinyl acetate	no	no
- restriction of carcinogenic VOC	C1+C2 3rd day: 10 µg/m <sup>3</sup> , 28th day: 1 µg/m <sup>3</sup>	as considered in ECA report 18	C1: 5 µg/m <sup>3</sup> h (28 days)	C1 n.d. (any time)	C1+C2 as considered in ECA report 18	CMR (1+2) and national classifications: 1 µg/m <sup>3</sup> (24 h)	C1+C2 3rd day: 10 µg/m <sup>3</sup> , 28th day: 1 µg/m <sup>3</sup>	no	C1+C2 n.d. (3 days)	list of 5 substances (C1 – 2 µg/m <sup>3</sup> , C2 - 10 µg/m <sup>3</sup> , C3 - 50 µg/m <sup>3</sup> )	no

## 5 Recensement des pratiques

### 5.1 Présentation du sondage

Afin de compléter la synthèse des réglementations et des pratiques actuelles dans les quatre états européens, un questionnaire composé de treize questions a été conçu pour obtenir de données récentes, à la fois qualitatives et quantitatives sur les matériaux dérivés de déchets et les produits de construction.

L'objectif principal a été centré sur l'obtention des informations générales (la typologie des matériaux, le statut juridique, les quantités produites par an, le taux de réutilisation et les usages courants) et réglementaires (outils réglementaires et guides pratiques, existence d'un marché pour la réutilisation de ces matériaux, évaluation de l'émission de substances dans l'eau et dans l'air intérieur...).

Le questionnaire a été envoyé à différents acteurs du recyclage, de la valorisation des déchets et de la production de produits de construction gouvernementaux avec un délai de réponse d'un mois. Un résumé des résultats mis à disposition à la fin du traitement des données a été proposés aux enquêtés.

## **Waste-derived materials utilization in building construction (France, Germany, The Netherlands, United Kingdom)**

### **A. GENERAL INFORMATION**

#### **1. What are the most common waste derived materials in your country ?**

- C&D waste (concrete, bricks, tiles and ceramics, sand, gravel...)
- Soil
- Sediment
- Slag (from ferrous metal production)
- Ashes from coal combustion processes
- MSWI bottom ash
- MSWI fly ash
- Other (waste)

**2. Which are the different status of waste derived materials in your country ?**

Status	C&D waste	Soil	Sediment	Slag (from ferrous metal production)	Ashes from coal combustion processes	MSWI bottom ash	MSWI fly ash	Other (waste)
Waste								
Not Waste								
Product								
By-Product								
Other								

**3. What is the typical amount of annually waste derived materials (tons per year) ? Please indicate, if the figure is based on estimate or compilation of statistics.**

**4. How much of each type of waste derived materials is typically used in building construction ? Alternative answers : < 15 %, 15-30 %, 30-50 %, 50-70 %, > 70 %. Please indicate, if the figure is based on estimate or compilation of statistics.**

**5. Which is the main application for waste-derived materials in building construction ?**

**6. Which are the main process/treatments applying to prepare waste-derived materials ?**

**7. What are the drivers/barriers to increase waste-derived materials utilization in building construction ?**

- Quality standards
- Market conditions
- Legislation (incentives, tax, landfill bans...)
- Bureaucracy
- Culture
- Insurance

**B. POLICY ISSUES REGARDING THE USE OF WASTE-DERIVED MATERIALS**

**8. List the existing policy tools for the utilization of waste-derived materials in building construction. Please shortly describe the tool and/or provide websites links for further information.**

- Regulations

- Guidelines
  
  - Other policy tools
9. **Do the regulations apply to the waste-derived materials or to the final product using the waste-derived material ?**
  
  10. **Does the management of waste-derived materials differ from the management of conventional materials or other waste streams ?**
  
  11. **What is your advice on existing policies for waste-derived materials utilization in building construction ? Highlight the positive and negative impacts.**
  
  12. **Are the waste-derived-products assessed for their potential impact on indoor air while using in building materials ?**
  
  13. **Which are the regulations applying for Building material using waste-derived materials with direct contact to indoor air? Please shortly specify the substance concerned**

## **5.2 Bilan de revue de pratiques dans les États Européens - Résultats du sondage**

Compte tenu du très faible taux de réponse (4 réponses pour les Pays-Bas et 1 réponse pour l'Allemagne), une recherche bibliographique supplémentaire a permis de compléter et mettre à jour certaines informations sur le contexte réglementaire et le retour d'expérience de trois pays qui font l'objet de l'analyse. Le Tableau 13 récapitule les réponses obtenues à partir du sondage et des informations obtenues par la recherche bibliographique.

Tableau 13 : Bilan de revue de pratiques dans les États Européens

Pays	PAYS BAS	ALLEMAGNE	ROYAUME-UNI
Source	Sondage	Biblio / Sondage	Biblio
<b>1. What are the most common waste derived materials in your country ?</b>	C&D ; MIDND ; sols ; laitier d'acier et cendres de charbon	C&D Waste ; sol ; MIDND ; cendres de charbon ; laitier d'acier	C&D Waste ; laitier d'acier ; cendres de charbon ; MIDND ; sol
<b>2. Which are the different status of waste derived materials in your country ?</b>	MIDND : déchet, non-déchet, produit ; C&D Waste : déchets, non-déchet, produit	MIDND : déchets ; C&D : déchets, non-déchets ; Laitier : sous-produit	Déchets et produits
<b>3. What is the typical amount of annually waste derived materials (tons per year) ? Please indicate, if the figure is based on estimate or compilation of statistics.</b>	MIDND : 1,5 Mt/an ; C&D : 25,7Mt/an	MIDND : 5 Mt/an ; C&D : 202 Mt/an	C&D Waste : 44,8 Mt/an
<b>4. How much of each type of waste derived materials is typically used in building construction ? Alternative answers : &lt; 15 % , 15-30 % , 30-50 % , 50-70 % , &gt; 70 % . Please indicate, if the figure is based on estimate or compilation of statistics.</b>	MIDND : 50 % à partir de 2017	Pas d'information disponible	Pas d'information disponible
<b>5. Which is the main application for waste-derived materials in building construction ?</b>	MIDND : 75 % granulats "utilisation libre" ; 25 % remplacement des granulats dans le béton sans armature	Pas d'information disponible	Pas d'information disponible
<b>6. Which are the main process/treatments applying to prepare waste-derived materials ?</b>	Granulats de MIDND : élimination des fines ; lavage de sels ; élimination d'Al et Zn. Granulats C&D Waste : Broyage/concassage ; criblage ; lavage de fines	Granulats des MIDND : concassage/criblage ; lavage	Pas d'information disponible
<b>7. What are the drivers/barriers to increase waste-derived materials utilization in building construction ?</b>	Qualité ; Green Deal ; AAO économie circulaire	Qualité	Pas d'information disponible

Pays	PAYS BAS	ALLEMAGNE	ROYAUME-UNI
Source	Sondage	Biblio / Sondage	Biblio
<b>8. List the existing policy tools for the utilization of waste-derived materials in building construction. Please shortly describe the tool and/or provide websites links for further information.</b>	Green Deal ; guides techniques	Décret du gouvernement fédéral Décret sur les matériaux de construction de substitution réorganisant le Décret fédéral sur la protection des sols et les sites contaminés, et modifiant le Décret sur les décharges et le Décret sur les déchets industriels	Quality protocols
<b>9. Do the regulations apply to the waste-derived materials or to the final product using the waste-derived material ?</b>	Produit final	Matériaux dérivés de déchets	Produit final
<b>10. Does the management of waste-derived materials differ from the management of conventional materials or other waste streams ?</b>	No	Pas d'information disponible	Pas d'information disponible
<b>11. What is your advice on existing policies for waste-derived materials utilization in building construction ? Highlight the positive and negative impacts.</b>	Les tests d'évaluation du comportement des matériaux en fonction du pH doivent faire partie de la réglementation. Le changement de pH pendant le cycle de vie du matériau est réel et doit faire partie des fiches de données de sécurité - MSDS.	Pas d'information disponible	Pas d'information disponible
<b>12. Are the waste-derived-products assessed for their potential impact on indoor air while using in building materials ?</b>	No	No	No
<b>13. Which are the regulations applying for Building material using waste-derived materials with direct contact to indoor air ? Please shortly specify the substance concerned.</b>	Pas d'information disponible	Pas d'information disponible	Pas d'information disponible

Il ressort de l'examen des informations générales sur l'utilisation des matériaux dérivés des déchets en construction qu'il existe une certaine cohérence entre ces différents pays en matière de typologie, de statut juridique. D'une manière générale, ils sont souvent classés selon deux aspects, déchets ou non-déchets et produits. En ce qui concerne l'utilisation en construction (hors route), seule l'application des granulats des MIDND dans du béton sans armature aux Pays-Bas a été précisé. En Allemagne et au Royaume-Uni, la littérature rapporte des applications dans la construction routière et le génie civil, mais pas dans la construction des bâtiments.

En revanche, on ne retrouve pas cette cohérence au niveau des quantités produites par an. Celles-ci sont très fluctuantes d'un pays à l'autre pour les deux principaux gisements identifiés, les MIDND et les déchets de construction et démolition (C&D Waste). Les informations disponibles en termes de taux de réutilisation concernent plutôt les MIDND aux Pays-Bas.

En ce qui concerne le volet réglementaire, les règles encadrant les conditions d'utilisation des matériaux dérivés de déchets dans la construction hors route dans les différents pays européens examinés mettent en exergue que chaque pays dispose de règles plus ou moins clairement établies, parfois en lien avec l'utilisation de matériaux de construction, la protection des sols et des eaux, avec des périmètres (nature de déchets concernés) et spécifications différentes d'un pays à l'autre.

Il convient de noter que les cadres réglementaires qui s'appliquent aux produits finaux sont ceux des Pays-Bas et du Royaume-Uni. Dans le cas de l'Allemagne, le cadre réglementaire s'appliquerait aux matériaux préparés dérivés de déchets. En terme de management de ces matériaux, aux Pays-Bas, il n'existe pas de distinction entre un produit de construction contenant des matériaux dérivés des déchets et un qui n'en contient pas.

Pour l'émission de substances dans l'air intérieur, aucune information sur l'évaluation des matériaux dérivés des déchets n'a été relevée. Il semblerait que ces matériaux ne sont pas concernés et que la réglementation s'applique dans un sens plus large aux produits de construction qu'ils contiennent ou non de matériaux dérivés des déchets.

### III. Tâche 3 – Analyse comparative des pratiques actuelles et des perspectives : comparaison des pratiques des États membres de l’Union Européenne

#### 1 Objectifs

L’objectif de cette tâche est de présenter les facteurs favorables et limitants de l’acceptabilité environnementale et sanitaire de l’incorporation de déchets dans les produits de construction sur la base du travail d’analyse du cadre réglementaire et des pratiques actuelles dans quelques États membres de l’Union Européenne.

Cette analyse comparative exposera dans un premier temps le caractère extrapolable à la France de ce qui s’est fait actuellement dans les autres pays enquêtés. Ensuite, un cas d’étude est présenté pour illustrer la situation d’un gisement produit en grande masse dont l’emploi dans des matériaux de construction est soumis à des règles de conformité relatives notamment à l’émission de substances dangereuses dans l’eau dans les différents pays.

Un point sur l’avancement de la France en matière de réglementation matériaux, RPC, marquage CE par rapport aux autres pays est présenté à la fin de cette analyse.

#### 2 Identification des facteurs favorables et limitants à l’incorporation de déchets dans des produits de construction

##### 2.1 Éléments de contexte

La comparaison des conditions mises en œuvre dans les différents pays étudiés nécessite au préalable des éléments de contexte.

Ainsi, si on compare les pays sur la taille de leur gisement, en particulier du gisement de déchets de construction et démolition, le classement peut s’effectuer ainsi :

Pays	Mtonnes par an	Type de déchets	Source
France	227,5	BTP	2014 ; CGDD
Allemagne	201,3	BTP (82,2 Mt), Sol et matériaux excavés (113,7 Mt)	2012 ; Deloitte 2015k
Royaume-Uni	100,23	BTP (non dangereux 44,8 Mt et dangereux 1,06 Mt), Sol et matériaux excavés (54,4 Mt)	2012 ; Deloitte 2016
Pays-Bas	25,71	BTP : tous les déchets générés lors de la construction, de la démolition ou de la rénovation de logements, de bâtiments commerciaux et de travaux de génie civil	2012 ; Deloitte 2015t
Autriche	8,3	BTP : Tous les déchets <b>non dangereux</b> générés lors de la construction, de la démolition ou de la rénovation de logements, de bâtiments commerciaux et de travaux de génie civil	2013 ; Deloitte 2015a

La France est, parmi les pays analysés, celui qui produit la quantité la plus importante de déchets de construction et démolition (BTP), suivi de l'Allemagne et du Royaume-Uni. La quantité produite par les Pays-Bas et l'Autriche est très inférieure à celle de la France et de l'Allemagne.

Dans le cas de la France et des Pays-Bas, les déchets de construction et démolition produits comprennent uniquement les déchets du BTP, tandis que l'Allemagne inclut les sols et les matériaux excavés. L'Autriche prend uniquement en compte dans ses statistiques les déchets de BTP non dangereux.

Si on compare les pays sur la performance du recyclage des déchets, en particulier des déchets de construction et démolition, le classement peut s'effectuer ainsi :

Pays	Taux de recyclage (%)	Mtonnes par an	Type de déchets	Source
France	69	155,9	BTP	2014 ; CGDD
Allemagne	95	78,5	82,2 Mt BTP	2012 ; Deloitte 2015k
Royaume-Uni	87	38,8	44,8 Mt BTP <b>non dangereux</b>	2012 ; Deloitte 2016
Pays-Bas	94	24,25	BTP : tous les déchets générés lors de la construction, de la démolition ou de la rénovation de logements, de bâtiments commerciaux et de travaux de génie civil	2012 ; Deloitte 2015t
Autriche	87	7,2	BTP : tous les déchets <b>non dangereux</b> générés lors de la construction, de la démolition ou de la rénovation de logements, de bâtiments commerciaux et de travaux de génie civil	2013 ; Deloitte 2015a

Le taux de recyclage des déchets de construction et démolition (BTP) en France est inférieur à celui des deux pays les plus performants (Pays-Bas et Allemagne).

L'Allemagne et la France sont, de loin, les plus gros producteurs de granulats recyclés ; les quantités produites par le Royaume-Uni, les Pays-Bas et l'Autriche sont très inférieures.

## 2.2 Démarches

Le concept sur lequel repose la valorisation de déchets en « construction » (au sens large) dans ces différents pays peut être synthétisé ainsi :

- **Cas du Royaume-Uni** : Une liste de déchets pouvant faire l'objet d'une sortie de statut de déchet pour un usage comme granulats recyclés a été définie sur la base d'une étude générique préalable portant sur la caractérisation du contenu et du relargage en polluants des déchets concernés ; la vérification de l'aptitude à un usage en construction est basée sur le taux d'indésirables et sur des critères techniques (pas d'essais à caractère environnemental ou sanitaire). Le producteur des granulats recyclés doit être conforme à toutes les exigences de la Norme granulats BS EN pour l'utilisation définie. La liste de normes et les principales spécifications relatives aux granulats sont décrites dans le Protocole de Qualité.

En ce qui concerne les moyens de contrôle mis en place dans le Protocole de Qualité, les granulats n'étant plus considérés comme déchets, ils ne sont plus soumis à des contrôles de gestion de déchets à condition que :

- Ils soient conformes aux exigences de la Norme Européenne adaptée à son utilisation,
- Ils soient produits sous contrôle comme l'exige la Norme Européenne BS En et comme indiqué dans le Protocole,
- Dans le contrôle de production de l'unité de fabrication, les intrants soient limités et contrôlés,
- Ils n'aient pas besoin d'un traitement, y compris le broyage pour l'usage envisagé,
- Ils soient destinés à une utilisation dans les secteurs de marché désignés dans le Protocole,
- Ils soient conformes aux exigences de marquage CE, qui s'applique à tous les granulats mis sur le marché conformément aux Normes Européennes harmonisées sur les granulats à partir de juillet 2013.

En cas de non-respect du présent protocole qualité, par exemple si les granulats ne sont pas conformes aux exigences de la Norme Européenne ou si le producteur ne peut apporter la preuve de sa conformité, les granulats produits seraient normalement considérés comme des déchets. Dans de telles circonstances, le producteur ou l'utilisateur doit être conforme aux contrôles de gestion des déchets pour le transport, le stockage et l'utilisation des granulats et peut avoir une sanction s'il ne le fait pas.

*Cette démarche rappelle celle de la « liste positive » pour l'admission en ISDI (Décision 2003/33/CE). Elle présente l'intérêt d'être particulièrement simple à appliquer puisqu'il suffit pour un déchet qu'il corresponde à la liste pour être valorisable (sous réserve de respect des critères techniques). Son application pour la France nécessiterait une étude de grande ampleur sur les différents gisements de déchets candidats à une utilisation en construction, prenant en compte les différents scénarios d'exposition. Cette démarche n'apporte aucun élément d'évaluation sur le comportement environnemental des matériaux, partant du principe que les granulats sont « assimilables » à des matières premières naturelles. Cette approche nécessite de prendre en compte la variabilité des caractéristiques des déchets considérés en termes de relargage.*

- **Cas de l'Autriche :** Des critères de qualité environnementale de « Granulats recyclés » sont établis sur la base de caractéristiques dérivant des critères d'admission en ISDI. Une liste officielle limite la nature des déchets autorisés à faire l'objet de cette procédure. Ces critères sont des seuils de lixiviation (EN 12457-4) et de contenu total. Un organisme dédié apporte un label aux granulats recyclés conformes à la procédure, favorisant leur sortie du statut de déchet. La Directive « Guidelines for recycled construction materials » pour la production de matériaux de construction recyclés à partir des déchets minéraux de construction et démolition décrit les critères environnementaux et techniques de conformité pour la production de ces matériaux.

Le contrôle pour la production de matériaux de construction recyclés est exercé par l'Association Autrichienne du recyclage de matériaux de construction à travers un label de qualité. Une entreprise certifiée avec le label de qualité pour les matériaux de construction recyclés doit être soumise à des révisions régulières afin de documenter la conformité vis-à-vis des normes de qualité. Deux fois par an, un laboratoire certifié de l'ÖGSV doit effectuer le contrôle externe. En outre, les contrôles internes doivent être effectués par l'entreprise.

La méthode et la durée des essais sont définis par la Directive « Guidelines for recycled construction materials ». Le label de qualité est un système d'assurance qualité reconnu par la Loi ALSAG (loi pour la réhabilitation des sites pollués). Ce label peut être utilisé sur des listes de prix ou des documents similaires pour signaler au client le niveau de qualité des produits certifiés.

*Cette démarche repose sur le principe que des déchets inertes peuvent être utilisés au même titre que des granulats naturels, sous réserve de respect de seuils en contenu total pour certains métaux. Elle présente l'avantage de nécessiter très peu de caractérisations environnementales. La justification des différentes gammes de seuil établies à partir des seuils ISDI n'apparaît pas clairement en relation avec la notion d'impact environnemental (d'après les documents étudiés). La mise en place d'un organisme de labellisation est un facteur susceptible de sécuriser l'acceptation par les utilisateurs de granulats recyclés.*

- **Cas de l'Allemagne** : Les critères de qualité environnementale des « matériaux de construction de substitution » sont établis sur la base d'une approche du type de celle qui a conduit à la définition des seuils d'admission en décharge (modélisation inversée de l'impact de scénarios de dépôt de déchets sur la qualité des eaux souterraines) et se traduit par une caractérisation du comportement à la lixiviation par percolation à flux ascendant. Les seuils sont définis pour chaque combinaison de déchet et type d'application (plus de 20 au total).

Selon les dispositions générales, l'assurance qualité des matériaux de construction de substitution minéraux est constituée :

- de la preuve de l'aptitude,
- du contrôle de production en usine,
- de la surveillance externe.

L'exploitant de l'usine de production doit faire effectuer la surveillance externe par un organisme de contrôle qui apporte par ailleurs des preuves de l'aptitude.

Les matériaux de construction de substitution minéraux ne peuvent être mis sur le marché qu'après avoir obtenu de l'organisme de contrôle le certificat de contrôle des preuves d'aptitude fournies.

L'organisme de contrôle doit vérifier non seulement les critères environnementaux définis dans l'Ordonnance sur les matériaux de construction de substitution, mais aussi les critères de contrôle technique. Si les valeurs de contrôle sont dépassées, l'exploitant doit rechercher les causes et prendre des mesures correctives.

L'organisme de contrôle délivre un certificat de contrôle correspondant à l'examen externe réalisé.

Si, dans le cadre de la surveillance externe, l'organisme de contrôle constate que les valeurs des matériaux ne sont pas respectées, il doit refaire les essais. Si les nouveaux essais mettent à nouveau en évidence le non-respect des valeurs des matériaux, l'organisme doit fixer à l'exploitant un délai raisonnable pour corriger les défauts. Une fois ce délai dépassé, l'organisme doit effectuer un nouveau contrôle.

Si les valeurs des matériaux sont dépassées, le lot du matériau de construction de substitution minéral concerné doit être :

- affecté à la classe de matériaux immédiatement supérieure pour laquelle les valeurs sont respectées ou
- si aucune classe de matériaux n'est définie ou n'est respectée, doit être prioritairement valorisé de façon réglementaire et sans nuisances ou être éliminé de manière compatible avec l'intérêt public.

*Cette démarche repose sur le principe de critères environnementaux spécifiques pour un type de déchet et un type d'utilisation basés sur la mise en œuvre d'un essai de percolation en colonne. Cette procédure s'applique à une liste de déchets et d'utilisations relativement large. Le niveau de complexité d'application de la procédure et le niveau de caractérisation environnementale est supérieur à celui des pays précédemment étudiés. Comme pour les pays précédents, la procédure ne s'applique qu'aux matériaux granulaires.*

- **Cas des Pays Bas** : les critères de qualité environnementale des « Matériaux de construction » sont établis pour tous les matériaux de construction sur la base d'une approche du type de celle qui a conduit à la définition des seuils d'admission en décharge (modélisation inversée de l'impact de scénarios de dépôt de déchets sur la qualité des eaux souterraines) et se traduit par une caractérisation du contenu total et du comportement à la lixiviation adapté à la nature granulaire ou monolithique du matériau. Seulement 3 gammes de seuils sont définies : pour les matériaux granulaires, pour les matériaux monolithiques et pour les matériaux utilisables uniquement avec des mesures de protection particulières vis-à-vis des milieux.

L'approche scientifique utilisée pour le calcul en amont des limites d'émission pour les produits de construction granulaires est décrite par Verschoor et al (2008). Un aperçu de l'approche est donné dans la Figure 16.

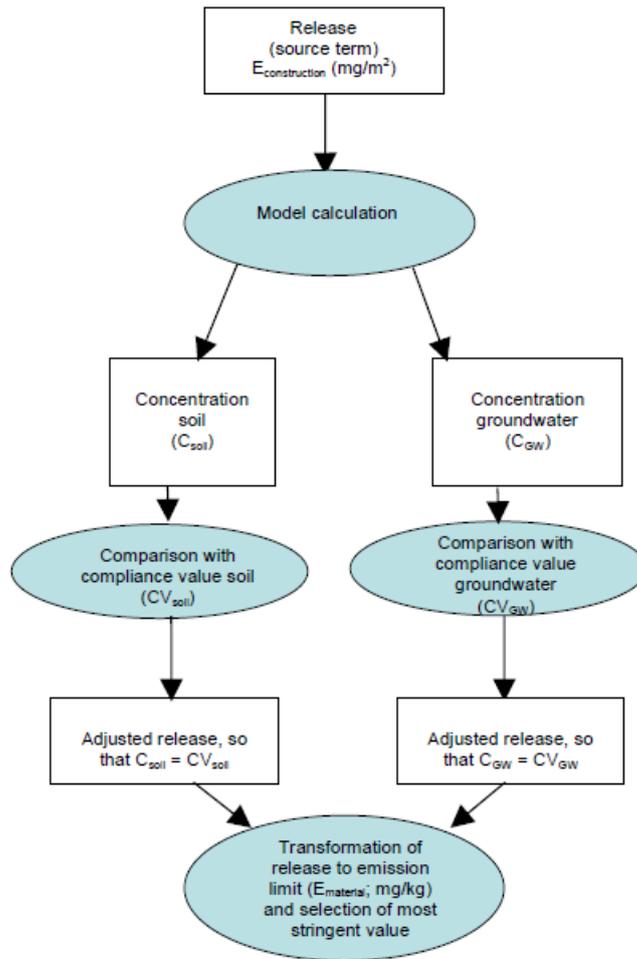


Figure 16 : Aperçu du calcul des limites d'émission pour les produits de construction granulaires dans le SQD. Voir l'équation (1) pour la relation entre le rejet (mg/m<sup>2</sup>) et la limite d'émission (mg/kg)

Les valeurs limites d'émission ont été calculées en six étapes :

1. Un terme source (mg/m<sup>2</sup> par an) générique a été obtenu à partir du profil moyen des rejets de chacune des substances inorganiques et se réfère à une base de données pour le contrôle de la qualité des produits de constructions obtenue avec le test de percolation NEN 7343 (de Wijs et Cleven, 2008).
2. La modélisation géochimique a été utilisée pour calculer les concentrations de substances variables en fonction du temps et de la profondeur du profil du sol. La mise en place d'un modèle dans la plateforme de modélisation ORCHESTRA (Dijkstra et al., 2009) a été choisie pour définir les valeurs limites d'émission.
3. Les concentrations résultantes dans le sol et les eaux souterraines au point de conformité (POC) ont été comparées aux valeurs de conformité sélectionnées (critères de qualité).
4. Le terme source a été ajusté de manière à ce que les concentrations calculées dans le sol et les eaux souterraines soient égales aux valeurs de conformité dans le sol et l'eau souterraine dans le POC. Le terme source ajusté représentait un rejet critique. Deux termes sources différents ont été obtenus, l'un dérivé des valeurs de conformité des eaux souterraines et l'autre des valeurs de conformité des sols.

5. Les termes sources ajustés ont été transformés en valeurs limites d'émission.

6. La valeur limite d'émission la plus stricte (fondée sur des critères de qualité du sol ou des eaux souterraines) a été sélectionnée comme étant protectrice à la fois pour le sol et l'eau souterraine.

Pour la modélisation des matériaux granulaires, il a été choisi un scénario avec une hauteur de construction de 0,5 m, avec et sans mesures isolantes. Pour les constructions isolées, une infiltration de 6 mm/an a été prise en compte et, pour les constructions ouvertes, une infiltration de 300 mm/an. La durée de simulation a été fixée à 100 ans. Le profil du sol se composait de 1 m de sol insaturé et de 1 m de sol saturé. Le niveau moyen des eaux souterraines était de 1 m sous la surface du sol, soit une moyenne pour la situation néerlandaise. Les concentrations modélisées dans les eaux souterraines ont été calculées en fonction des concentrations annuelles moyennes de la couche supérieure de 1 m de la nappe phréatique. La concentration annuelle maximale sur une période de 100 ans a été utilisée comme valeur limite pour les eaux souterraines. La même approche a été suivie pour les concentrations dans les sols insaturés. La concentration moyenne annuelle sur 1 m de sol après 100 ans a été utilisée comme critère pour le calcul des valeurs limites d'émission.

Les exigences techniques relatives à l'utilisation de matériaux dans la construction sont définies dans une Directive nationale « Standard RAW Provisions ». Par ailleurs, la plupart de granulats recyclés entrent dans le champ d'application des Normes Européennes hEN et doivent satisfaire aux exigences de la Directive sur les produits de construction. Par conséquent, la qualité du produit doit être énoncée sur la déclaration de performance (DoP).

Les fabricants de produits de construction recyclés peuvent enregistrer leurs produits dans le règlement REACH et/ou obtenir une ETA (European Technical Assessment) auprès d'un organisme d'évaluation technique (TAB) désigné conformément à la réglementation sur les produits de construction.

L'ETA est la base d'une déclaration de performance (DoP) que le fabricant doit établir conformément au Règlement sur les Produits de Construction (CPR) avant d'apposer le marquage CE sur son produit.

Ainsi, l'ETA offre aux fabricants un moyen volontaire d'appliquer le marquage CE à leurs produits de construction non standards innovants et de les introduire ainsi dans le marché européen. En tant qu'évaluation indépendante, l'ETA contribue également à créer la confiance dans la performance du produit de construction en ce qui concerne ses caractéristiques essentielles et en tenant compte des usages prévus.

Une ETA peut être délivrée pour les produits de construction si :

- ils ne sont pas ou pas entièrement couverts par une Norme Européenne harmonisée (hEN) et
- les méthodes et critères d'évaluation ont été définis dans un document d'évaluation européen (EAD).

Le document d'évaluation européen (EAD) constitue donc la base de l'évaluation technique européenne. Il contient les méthodes d'évaluation du produit ainsi que les spécifications du système d'évaluation et de vérification de la constance des performances (système AVCP) pour être utilisé. Si le produit en question n'est pas encore (complètement) couvert par un EAD existant, l'EOTA élaborera un nouveau document d'évaluation européen ou adaptera un document existant.

Les organismes de certification aux Pays-Bas sont SGS INTRON, SKG-IKOB (certification, inspection et évaluation de produits de construction), KIWA (certification et inspection).

*Cette démarche repose sur le principe de l'acceptabilité de l'utilisation de matériaux (issus de déchets ou non) sur la base de leurs caractéristiques de relargage tenant compte de leur état granulaire ou monolithique. Les utilisations sont libres sauf dans le cas où des mesures de protection particulières sont imposées. La procédure est relativement simple d'application et le niveau de caractérisation environnementale est supérieur à celui des pays précédemment étudiés. Contrairement à tous les pays précédents, la procédure s'applique différemment aux matériaux granulaires et aux matériaux monolithiques ce qui se justifie par des mécanismes de relargage différents.*

## **2.3 Facteurs favorables et limitants**

Les différentes approches font apparaître un certain nombre de facteurs favorables ou limitant le développement de l'utilisation de déchets dans l'élaboration de matériaux de construction, que l'on peut résumer par les quatre points suivants :

### **2.3.1 Simplicité / Complexité de la procédure**

La procédure mise en place au Royaume-Uni est celle qui se présente de la manière la plus simple possible pour l'utilisateur puisqu'il s'agit uniquement de vérifier si le déchet candidat fait partie de la liste établie pour une utilisation comme granulats recyclés. Viennent ensuite les procédures nécessitant une caractérisation sommaire du type lixiviation (EN 12457) et analyse du contenu total (Autriche), puis des essais de percolation en colonne (Allemagne) et enfin des essais en colonne ou sur monolithe selon la nature du matériau (Pays-Bas).

Le cas de la procédure allemande présente une complexité particulière du fait du grand nombre de seuils définis pour chacune des combinaisons possibles entre le déchet candidat et l'application visée, alors que les Pays-Bas n'ont que trois gammes de seuils.

### **2.3.2 Sécurité / Incertitude sur la pertinence du résultat**

Une procédure d'essai et des valeurs limites établies sur la base d'une modélisation générique pertinente et transparente apporte une garantie à l'utilisateur qu'il ne risque pas de générer une dégradation de la qualité des milieux par relargage de son matériau en conditions réelles. En ce sens, les procédures allemande et néerlandaise apportent le plus d'éléments réconfortants. Le fait qu'un organisme dédié appose un label pour les granulats conformes (comme en Autriche) est aussi un facteur sécurisant pour l'utilisateur. A contrario, l'absence de cadre réglementaire et de contrôle pourrait susciter le doute quant à la maîtrise des risques pour l'utilisateur des matériaux.

### **2.3.3 Périmètre des déchets candidats**

Une procédure limitée à un nombre très restreint de déchets potentiellement utilisables dans des matériaux de construction est un facteur potentiellement limitant au développement de cette filière. Seuls les Pays-Bas ne fixent pas de liste restrictive de déchets candidats.

### **2.3.4 Périmètre des applications possibles**

De la même manière, une procédure limitée à un nombre très restreint d'utilisations possibles de déchets dans la construction est un facteur potentiellement limitant au développement de cette filière. Seuls les Pays-Bas prévoient une utilisation « libre » des matériaux conformes aux critères correspondant.

### 3 Étude de cas : utilisation des MIDND comme matériaux alternatifs en construction

La présente étude de cas compare le cadre de l'acceptabilité des granulats de MIDND pour une utilisation dans des projets de construction dans les pays examinés et en France. Plus précisément, l'étude se focalise sur l'évaluation de l'émission de substances dans l'eau et dans les sols définis comme critère principal pour l'utilisation de ces matériaux.

Comme mentionné dans la section 3.2.1 la production de mâchefers (bruts) en Europe est estimée à environ 18 millions de tonnes par an en 2014 et à plus de 3 millions de tonnes par an en France. Les conditions de valorisation et le taux de valorisation des mâchefers élaborés diffèrent selon les États membres. Ils restent principalement utilisés pour des travaux routiers ou des travaux de génie civil, mais ils peuvent aussi être incorporés sous forme de granulats dans le béton.

Le Tableau 14 présente un aperçu des critères réglementaires nécessaires pour l'évaluation environnementale des MIDND en vue d'une valorisation dans les pays sélectionnés.

Tableau 14 : Aperçu des critères nécessaires pour l'évaluation des MIDND en vue d'une valorisation

Pays	Critères Contenu Total	Critères lixiviation	Essai normatif
Autriche	Oui	Oui	EN 14457-4 L/S10
Allemagne	Non	Oui	DIN 19528 (2009) L/S 2
France	Oui	Oui	EN 12457-2/ EN 12457-4 L/S 10
Pays-Bas	Oui	Oui	NEN 7343(L/S 10) EN 14405/ NEN 7375

Des valeurs limites pour l'utilisation de MIDND sont définies pour le contenu total, la lixiviation ou les deux, selon le pays.

Le contenu total est un paramètre sans ambiguïté. En conséquence, les valeurs limites peuvent être comparées. En revanche, les valeurs d'émission de substances dans l'eau dépendent en grande partie de l'essai de lixiviation utilisé. De ce fait, les valeurs limites établies dans ces pays se réfèrent à des procédures de lixiviation parfois différentes et difficilement comparables.

À titre d'exemple, les données de composition d'un granulats de MIDND en France ont été choisies de façon aléatoire pour effectuer la comparaison avec les seuils en lixiviation et contenu total des différents pays. Cette comparaison est présentée dans le Tableau 15.

Les seuils de chaque pays pour la valorisation en technique routière, génie civil ou produits de construction ont été utilisés. La sélection s'est faite sur la base des essais de lixiviation comparables au niveau de la procédure et/ou du ratio L/S.

Tableau 15 : Comparaison des valeurs seuils utilisées pour la valorisation des granulats des MIDND dans quatre pays européens

Pays	MIDND France	Autriche				Allemagne	Pays-Bas	France		
Utilisation	-	Technique routière	Génie civil			Produits de construction	Général	Technique routière		Produits de construction
Essai	EN 12457-2	EN 12457-4	EN 12457-4	EN 12457-4	EN 12457-4	EN 12457	EN 14405	EN12457-2	EN12457-2	
L/S	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
unités	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Catégorie	-	TR	A+	A	B	ABuG	Inerte	V1	V2	
Matériaux	MIDND	MIDND	déchet issus des procédés thermiques /C&D	déchet issus des procédés thermiques /C&D	déchet issus des procédés thermiques /C&D	Tous	Tous	MIDND	MIDND	
Status	-	Implementé	Implementé	Implementé	Implementé	Introduit	Implementé	Implementé	Implementé	
Fraction soluble	22 900	-	4 000	4 000	8 000	-	-	20 000	10 000	
As	<0,20	0,5	0,5	0,5	0,5	0,06	0,9	0,6	0,6	E n  c o u r s
Ba	0,4	-	20	20	20	-	22	56	28	
Cd	<0,01	-	0,04	0,04	0,04	0,01	0,04	0,05	0,05	
Cr	0,5	0,5	-	-	-	0,15	0,63	2	1	
Co	-	-	-	-	-	-	0,54			
Cu	7,2	4	-	-	-	0,3	0,9	50	50	
Hg	<0,001	-	0,01	0,01	0,01	0,002	0,02	0,01	0,01	
Mo	0,5	1	0,5	0,5	0,5	-	1	5,6	2,8	
Ni	<0,10	0,4	0,4	0,4	0,6	0,15	0,44	0,5	0,5	
Pb	0,58	0,5	0,5	0,5	0,5	0,20	2,3	1,6	1.0	
Sb	0,27	0,3	0,06	0,06	0,1	-	0,16	0,7	0,6	
Se	0,017	-	-	-	-	-	0,15	0,1	0,1	
Zn	0,25		4	4	18	0,6	4,5	50	50	
Chlorures	5840	3 000	800	800	1000	50	616	10000	5000	
Fluorures	<5		10	10	15	-	55	60	30	
Sulfates	4591	5 000	-	-	-	200	1730	10000	5000	
COT	1100	-	500	500	500	-	-	-	-	

Pays	MIDND France	Autriche				Allemagne	Pays-Bas	France
Contenu Total mg/kg								
COT	13 000							30 000
Composés aromatiques tels que BTEX (benzène, ethyl benzène, toluène, xylène), phénol, styrène	0,1	-	-	-	-	-	X ( mesure individuel)	6 (somme de 6)
PCB	0,3	-	-	-	-	-	0,5 (somme 7)	1
Hydrocarbures (C10 à C40)	261	-	-	-	-	-	500	500
HAP (Hydrocarbures aromatiques polycycliques)	0,05	-	-	-	-	-	50	50
Dioxines et furannes	0,0000035	-	-	-	-	-	-	0,00001

D'une manière générale cette comparaison met en exergue que :

- Les valeurs seuils pour la valorisation en produits de construction en Allemagne sont les plus strictes.
- Les valeurs seuils pour l'utilisation en technique routière en Autriche sont plus strictes que celles de la France.
- Les valeurs seuils pour tout type d'utilisation aux Pays-Bas sont moins strictes que celles de l'Autriche et de l'Allemagne.
- En Autriche, la valeur seuil du Cr et du Cu est uniquement réglementaire pour la valorisation en technique routière.
- Les valeurs seuils en contenu total sont uniquement réglementaires pour les polluants organiques en France et aux Pays-Bas. Les seuils sont proches dans les deux pays.

En ce qui concerne l'exemple du granulat de MIDND français, il serait uniquement valorisable en France dans un scénario routier revêtu.

- En Autriche il ne serait pas valorisable en technique routière à cause du cuivre, du plomb et des chlorures. Pour le génie civil, ce sont les valeurs du plomb, de l'antimoine, des chlorures et du COT qui bloquent la valorisation.
- En Allemagne, le granulat de MIDND dépasse les valeurs seuils du chrome, du cuivre, du plomb, des chlorures et des sulfates pour les produits de construction.
- Aux Pays-Bas, ce granulat n'est pas valorisable à cause du dépassement en cuivre, antimoine, chlorures et sulfates.

Cet exercice a permis de constater que le cadre réglementaire pour la valorisation des granulats des MIDND dans des projets de construction diffère considérablement entre les pays examinés. Bien que certaines procédures de lixiviation utilisées pour définir les seuils permettent d'effectuer une comparaison, un écart important est observé entre les pays pour la plupart de paramètres. Ainsi, un mâchefer non valorisable en technique routière en Autriche ou aux Pays Bas pourrait l'être en France et un déchet non valorisable en matériau de construction en Allemagne pourrait l'être en Autriche ou aux Pays Bas.

Parmi les paramètres communs qui bloqueraient la valorisation des granulats MIDND dans les différents pays, on retrouve le cuivre, le plomb, l'antimoine, les chlorures et les sulfates. Cela montre que l'absence d'accord entre les pays européens pourrait conduire à des dérives relevant du « Dumping environnemental » conduisant à transférer des déchets non valorisables dans un pays pour les valoriser dans un autre. Il serait préférable de travailler à une procédure d'évaluation commune, avec des exigences similaires pour les paramètres plus pénalisants, ce qui rendrait également la situation réglementaire dans différents pays plus comparable. Une procédure commune pourrait également aider les pays qui ne disposent pas actuellement d'une réglementation claire sur l'utilisation des MIDND en construction à fixer des valeurs limites équivalentes et à favoriser ainsi le développement de cette filière.

Une procédure commune pourrait également aider à définir les types de traitements adaptés permettant d'améliorer la qualité des MIDND quel que soit le type de valorisation envisagée dans le domaine de la construction.

## 4 Réglementation matériaux, RPC, marquage CE

Les matériaux de construction, qu'ils soient d'origine primaire ou secondaire, doivent répondre aux exigences fondamentales du RPC pour pouvoir être utilisés dans les bâtiments. Ces exigences reposent pour la plupart sur des normes harmonisées. Dans le cadre de cette étude, l'exigence la plus concernée est l'exigence n°3 « Hygiène, santé et environnement ».

Le RPC stipule que les produits de construction ne peuvent être mis sur le marché que s'ils sont aptes à l'usage prévu, c'est-à-dire que s'ils ont des caractéristiques telles que les ouvrages dans lesquels ils doivent être incorporés, utilisés ou installés puissent, à condition d'avoir été convenablement conçus et construits, satisfaire aux exigences essentielles, ... dans le cas où ces ouvrages font l'objet d'une réglementation contenant de telles exigences. Le marquage CE atteste que les produits satisfont aux dispositions des Directives Européennes, c'est-à-dire aux spécifications techniques harmonisées (normes harmonisées ou ATE) et aux exigences d'évaluation qui y sont attachées.

**En ce qui concerne les émissions dans l'air, les évaluations des risques sanitaires se font sur le matériau construction que celui-ci intègre ou non des matières premières secondaires.**

Le CEN/TC 351 élabore des normes dont l'objectif est de définir des méthodes d'essai horizontales, applicables à tous les produits de construction, pour répondre à cette exigence n°3 en tenant compte des conditions d'usage prévues des produits de construction.

Les exigences ne sont pas spécifiées par l'Union Européenne mais par les réglementations des États membres lorsqu'elles existent. Parmi les pays cités dans ce document (France, Pays-Bas, Allemagne, Royaume-Uni), la France et l'Allemagne sont les pays les plus avancés sur le sujet. Le tableau 16 donne un comparatif de ces deux pays. À noter que la Belgique, bien que non étudiée dans le cadre de cette étude, fait également partie des États membres les plus avancés.

**Tableau 16 : Comparatif des exigences réglementaires sur les produits de construction en France et Allemagne (RECORD, 2019)**

Législation	France (Décret no 2011-321 du 23 mars 2011 + Arrêté du 19/04/11)	Allemagne (AgBB)
Comment	Classement Étiquette obligatoire	Autorisation Label
Pour quoi	Produits de construction et décoration en contact avec l'air intérieur	Revêtements de sol et de mur, fixation
Pour qui	Celui qui met le produit sur le marché français	Fabricants
3 jours	/	TVOC < 10 000 µg/m <sup>3</sup> CMR < 10 µg/m <sup>3</sup>
28 jours	TVOC < 1000 µg/m <sup>3</sup> (A+) Valeur limite pour 10 COV	TVOC < 1000 µg/m <sup>3</sup> TSVOC < 100 µg/m <sup>3</sup> R et Ri < 1 VOC sans LCI < 100 µg/m <sup>3</sup> Pas de CMR
Formaldéhyde	A+ < 10 µg/m <sup>3</sup> - C > 120 µg/m <sup>3</sup>	120 µg/m <sup>3</sup>
Acétaldéhyde	A+ < 200 µg/m <sup>3</sup> - C > 400 µg/m <sup>3</sup>	/(LCI = 1 200 µg/m <sup>3</sup> )
Toluène	A+ < 300 µg/m <sup>3</sup> - C > 600 µg/m <sup>3</sup>	/ LCI (2 900 µg/m <sup>3</sup> )
Procédure	Déclaration sans exigences d'essai	Essais prescrits réalisés par un labo accrédité
Contrôle	Chambre d'essai ou FLEC	Chambre d'essai

La Commission Européenne développe actuellement des valeurs seuils (concentration limite d'intérêt), c'est-à-dire la concentration dans l'air d'une substance chimique en dessous de laquelle aucun effet sanitaire, aucune nuisance ou aucun effet indirect important sur la santé n'est en principe attendu.

Pour apposer le marquage CE sur son produit, le fabricant doit procéder à différentes étapes à des essais initiaux d'évaluation technique et à des contrôles de production en usine.

Pour certaines de ces étapes, le fabricant doit faire appel à un organisme tiers, appelé organisme notifié. L'intervention de l'organisme tiers dépend du système d'évaluation et de vérification de la constance des performances du produit étudié. On trouve 5 systèmes de vérification, du plus contraignant au moins contraignant, avec des documents remis par l'organisme notifié au fabricant différents (voir le tableau suivant).

Système	1+	1	2+	3	4
Contrôle de la production en usine (éventuellement essai)	F	F	F	F	F
Essais complémentaires d'échantillons prélevés en usine conformément au plan d'essais	F	F	F	*	*
Inspection initiale du contrôle de production en usine	ON	ON	ON	*	*
Surveillance, évaluation et appréciation continues	ON	ON	ON	*	*
Essai par sondage sur des échantillons prélevés par ON avant la mise sur le marché	ON	*	*	*	*
Évaluation des performances du produit de construction (essais, calculs, ...) avec prélèvement d'échantillon par ON	ON	ON	*	*	*
Évaluation des performances du produit de construction (essais, calculs, ...) avec échantillon choisi par le fabricant	*	*	F	ON	F

F : Fabricant - ON : Organisme Notifié

Chaque pays européen dispose de nombreux organismes notifiés spécialisés dans une catégorie de produits. La liste des organismes notifiés est disponible sur le site [ec.europa.eu](https://ec.europa.eu)<sup>65</sup>.

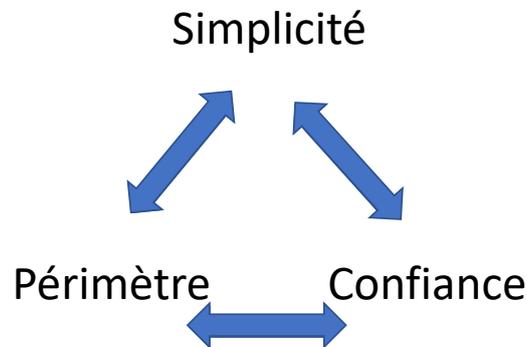
Pour ce qui est des Organismes d'Evaluation Technique (OET) qui sont membres de l'Organisation Européenne pour l'évaluation technique (EOTA), on trouve pour les pays étudiés les organismes cités dans le tableau ci-après. La liste est à compléter avec les autres organismes notifiés.

Pays	Organismes d'évaluation technique
France	CEREMA : <a href="#">Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement</a> CSTB : <a href="#">Centre Scientifique et Technique du Bâtiment</a>
Allemagne	<a href="#">DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK</a>
Royaume-Uni	<a href="#">BRE Global Limited</a> <a href="#">BRITISH BOARD OF AGREEMENT (BBA)</a> <a href="#">FM Approvals Ltd</a> <a href="#">IFC Certification Ltd</a> <a href="#">UL INTERNATIONAL (UK) LTD</a> <a href="#">Warringtonfire Testing and Certification Limited, trading as Warringtonfire</a> <a href="#">Warringtonfire Testing and Certification Ltd, trading as BM TRADA.</a>
Pays-Bas	<a href="#">Kiwa Nederland B.V.</a> <a href="#">SKG-IKOB Certificatie BV</a> <a href="#">SGS Intron Certificatie BV</a>
Autriche	<a href="#">Österreichisches Institut für Bautechnik</a>

<sup>65</sup> [https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/index.cfm?fuseaction=directive.notifiedbody&sort=country&dir\\_id=33](https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/index.cfm?fuseaction=directive.notifiedbody&sort=country&dir_id=33)

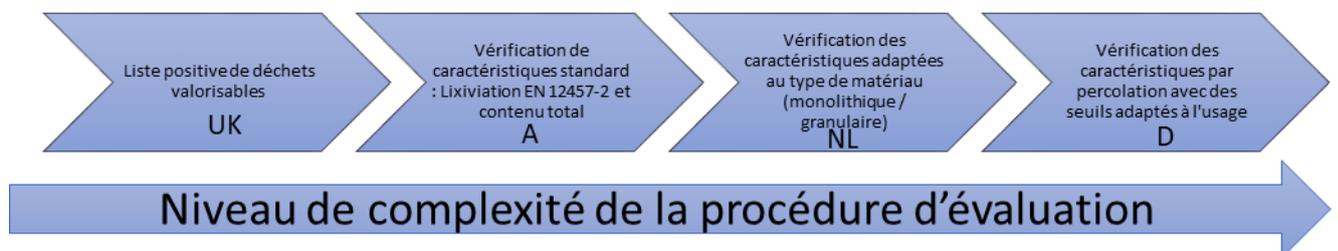
## 5 Synthèse et recommandations pour l'évaluation de l'acceptabilité de matériaux alternatifs en construction

La définition d'une démarche d'évaluation de l'acceptabilité de matériaux alternatifs en construction relève d'un compromis entre trois principaux critères qui ont des interactions entre eux :



1. **La simplicité d'application de la démarche** : le niveau de complexité des procédures d'évaluation va croissant de la façon suivante :

- Définition d'une liste positive de déchets valorisables comme matériaux alternatifs sans nécessairement devoir faire l'objet d'une caractérisation environnementale (assortie éventuellement d'une sortie de statut de déchet) : démarche la plus simple, Royaume-Uni (UK),
- Essai de lixiviation simple avec une gamme de seuils et des valeurs limites en contenu total : Autriche (A)
- Modalités d'essai adaptées à la nature granulaire ou monolithique du matériau et seuils correspondant : Pays-Bas (NL)
- Essai de percolation en colonne et analyse du contenu total avec des seuils adaptés en fonction de l'usage projeté, se traduisant par une vingtaine de seuils spécifiques de chaque combinaison déchet / usage : démarche la plus complexe, Allemagne (D).



Les conséquences attendues d'une procédure volontairement simple en termes de mise en œuvre sur les autres critères de définition de la démarche sont positives pour certaines mais aussi négatives pour d'autres, ce qui rappelle la pensée de Paul Valéry « Ce qui est simple est toujours faux. Ce qui ne l'est pas est inutilisable »<sup>66</sup> :

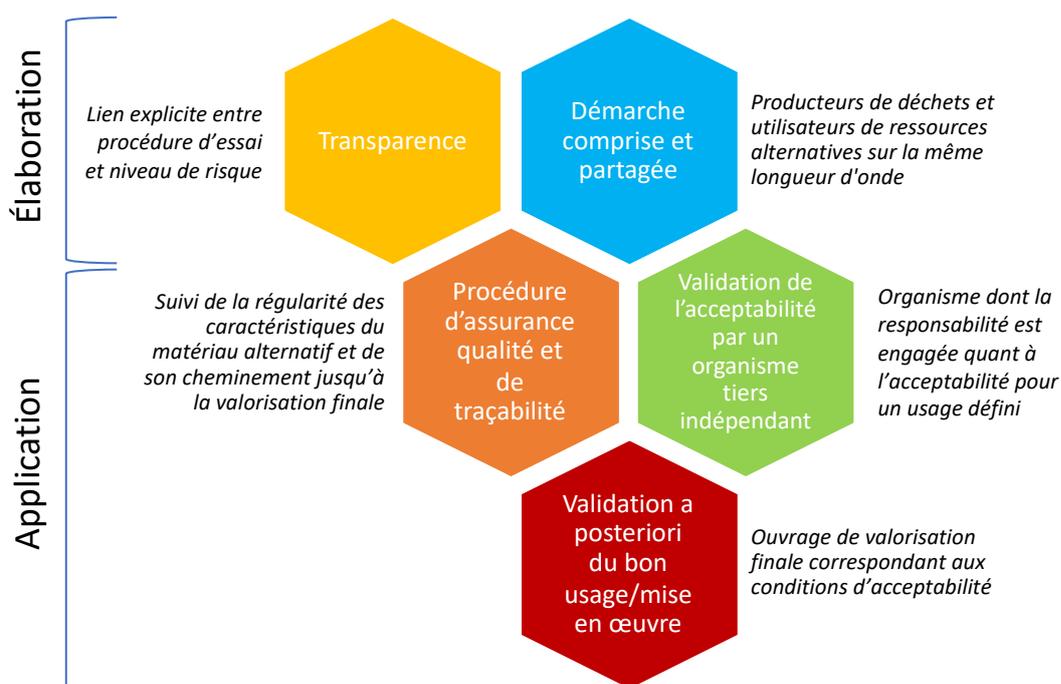
- Action positive sur le niveau d'application et le développement d'une filière de valorisation en construction : la facilité d'appréhension permet, a priori, une meilleure adhésion ;
- Action négative sur le périmètre ou sur la confiance :
  - Une liste positive devra a priori restreindre le périmètre des déchets et celui des usages de cette liste aux seuls couples déchet / usage dont les études préparatoires ont pu valider l'acceptabilité, faute de quoi la procédure risque de pâtir d'un défaut de confiance sur sa capacité à garantir l'absence d'impacts environnementaux ou sanitaires ;
  - Pour les mêmes raisons, une seule gamme de seuils permet une correspondance entre un nombre de déchets candidats et des scénarios d'usage restreint, dont les études préparatoires ont pu valider l'acceptabilité au regard de ces valeurs seuil.
  - Pour sécuriser l'acceptabilité de combinaisons déchet / usages variés, les seuils seront nécessairement restrictifs, imposant soit un périmètre restreint aux déchets à très faible niveau de relargage, soit une démarche de progrès vers une meilleure qualité environnementale des matériaux alternatifs - le modèle économique de l'ensemble de l'opération sera déterminant sur le choix de cette filière.
  - L'utilisation d'un essai de lixiviation standard permettant un positionnement vis-à-vis de seuils réglementaires d'admission en installation de stockage est peu sécurisant en termes de garantie d'absence d'impacts environnementaux ou sanitaires dès lors qu'il n'est pas possible de justifier d'une correspondance entre les conditions d'essais d'une part, les seuils d'acceptabilité de la valorisation, et les conditions limites acceptables d'exposition des matériaux.

***Par conséquent, le compromis à trouver doit veiller à proposer une procédure « applicable » et adaptée au périmètre des matériaux alternatifs et usages visés.***

---

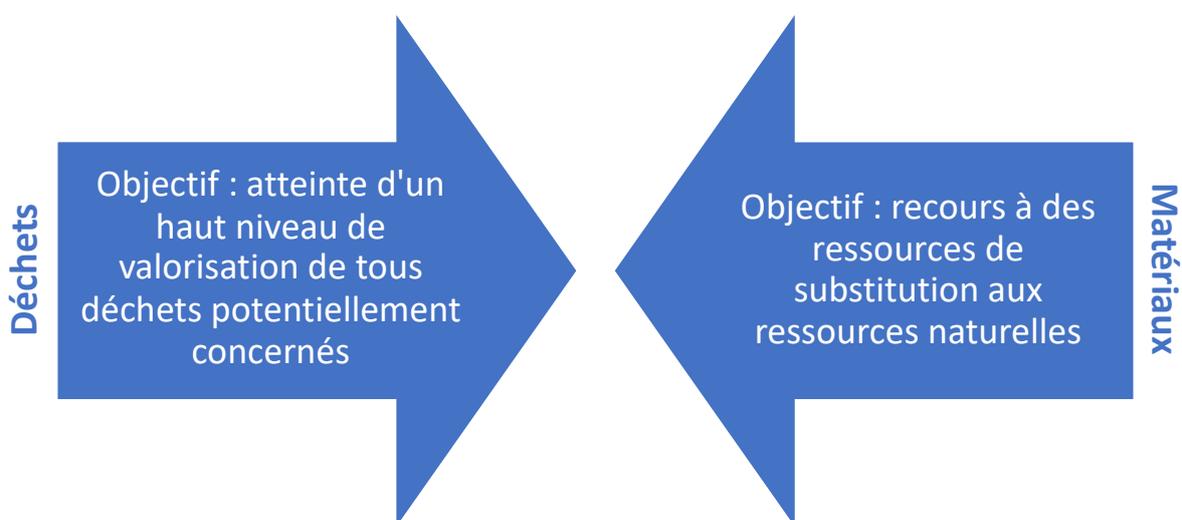
<sup>66</sup> Paul Valéry (1871-1945), *Mauvaises pensées et autres*, 1942 in *Oeuvres*, Tome II, Gallimard, Bibliothèque de La Pléiade 1960, p. 864

2. **Le niveau de confiance attendu par les utilisateurs de la démarche (producteurs de matériaux alternatifs comme utilisateurs des matériaux finaux)** : chacun des acteurs impliqués dans une opération de valorisation de déchet en construction porte une part de responsabilité quant aux éventuelles conséquences néfastes de l'opération sur la santé et l'environnement. Parmi les facteurs qui peuvent permettre d'instaurer la confiance des différents acteurs vis-à-vis d'une procédure d'acceptation environnementale et sanitaire de valorisation de matériaux alternatifs en construction, on peut trouver :
- Une démarche transparente, faisant apparaître distinctement le lien entre la procédure d'essai ou de caractérisation et le niveau de risques sanitaires et environnementaux, à court, moyen et long terme sur la base d'hypothèses réalistes. Cela peut conduire à différentes procédures ou seuils selon le niveau de risque ;
  - Une démarche comprise et partagée par les différents acteurs ;
  - Une procédure d'assurance qualité et de traçabilité des déchets jusqu'à sa valorisation finale ;
  - Des résultats d'évaluation validés par un organisme tiers, indépendant, dont la responsabilité est engagée sur l'acceptabilité des matériaux alternatifs pour un usage défini ;
  - Une validation a posteriori du bon usage / mise en œuvre du matériau alternatif en accord avec les conditions pour lesquelles l'acceptabilité a été validée, par un organisme d'autorité susceptible de sanctionner une réalisation non conforme.



**Par conséquent, la procédure doit être élaborée sur un concept clair et partagé et appliquée avec des règles de suivi et de contrôle.**

3. **Le périmètre des matériaux alternatifs, des modalités d'usage concernées et du cadre de l'évaluation** : les objectifs de valorisation de déchets visent des niveaux plus ambitieux qu'en l'état actuel et le secteur de la construction, gros consommateur de matière première, peut représenter, pour certains d'entre eux une filière permettant de participer à l'atteinte de ces objectifs. Un grand nombre de déchets issus du BTP, de l'industrie minérale, du traitement des déchets et d'autres secteurs (sédiments notamment), qui représentent des gisements importants, sont potentiellement candidats pour une valorisation dans la construction. Ainsi, une approche de la définition du périmètre consiste à viser un large spectre de nature de déchets et de modalités d'usage potentiellement concernées par la procédure d'évaluation pour limiter le recours à l'élimination de ces déchets. Une autre approche consiste à viser, en priorité, des ressources alternatives spécifiques susceptibles de se substituer aux ressources naturelles en tension.



#### **Démarche construite sur un spectre large de déchets à valoriser**

Cette approche est celle qui a été adoptée aux Pays-Bas puisque la réglementation de la valorisation de déchets en construction concerne, sans distinction, tout déchet non dangereux, et en particulier des déchets « pierreux » (stony waste), candidats potentiels à la sortie du statut de déchet. Le principe de cette réglementation consiste à considérer les déchets comme des matériaux de construction dès lors qu'ils respectent les conditions d'acceptabilité (limites d'émission de substances dans l'eau adaptées pour les matériaux monolithiques, les matériaux granulaires et les matériaux granulaires utilisés avec des mesures de protection). Ce principe est cohérent avec un contexte national qui dispose de peu de ressources naturelles et d'importants besoins en matériaux. Il convient toutefois de noter que, selon la réglementation néerlandaise, les matériaux en question doivent être retirés à la fin de vie de l'ouvrage. Son application en France pourrait se heurter à un marché des ressources naturelles minérales non métalliques dont les caractéristiques peuvent être très différentes selon le contexte géographique et économique du territoire.

#### **Démarche construite sur les besoins en ressources alternatives**

Cette deuxième approche de cadrage du périmètre cible certains gisements de matériaux alternatifs pour lesquels des applications effectives sont déjà identifiées voire documentées par un retour d'expérience.

Dans l'idéal, la définition des déchets concernés par la valorisation en construction selon cette approche devrait s'appuyer sur un diagnostic et une planification de la gestion des ressources alternatives et de l'utilisation des ressources à l'échelle d'un territoire. L'application de cette approche est facilitée lorsque le territoire concerné est délimité sur la base de gisements et de besoins en ressources cohérents. Le Plan Ressources pour la France et la déclinaison des schémas régionaux des matériaux et carrières constituent une base intéressante pour l'application d'une approche fondée sur les besoins en ressources, en concertation avec les organisations professionnelles des matériaux de construction.

Enfin, la question du périmètre concerne également la prise en compte non seulement de **l'acceptabilité environnementale** mais aussi de la **faisabilité technique** de l'utilisation des matériaux alternatifs pour les finalités recherchées.

La démarche française d'évaluation environnementale de matériaux alternatifs en technique routière repose sur la vérification préalable que le matériau alternatif dont l'utilisation est proposée en technique routière remplit une fonction utile, c'est-à-dire qu'il présente des caractéristiques mécaniques, géotechniques et/ou hydrauliques correspondant à l'usage visé et conformes aux normes et spécifications d'usage en vigueur.

Si les besoins en ressources alternatives sont précisément ciblés dans le domaine de l'élaboration de matériaux de construction (hors route), il doit être possible de vérifier que le matériau alternatif candidat présente les spécifications techniques particulières correspondant à l'utilisation visée et justifier ainsi la fonction utile de ce matériau alternatif.

### **Recommandations pour la définition d'une procédure d'acceptabilité de matériaux alternatifs en construction**

1. Encadrement du périmètre établi sur la base de besoins en ressources alternatives et de gisement correspondant à l'échelle de territoires cohérents en termes de gisements et de besoins en ressources : définition des besoins stratégiques en ressources alternatives et identification des matériaux alternatifs correspondant.
2. Identification et vérification des spécifications techniques correspondant à la fonction utile du matériau alternatif dans son usage : granulats, correcteurs granulométriques, charges (grave, sable, filler), filler actif, liant pour matériaux préfabriqués non structurels, ...
3. Conceptualisation des scénarios d'exposition du matériau alternatif vis-à-vis des milieux naturels et des cibles sanitaires (modalités d'émission et de transfert de substances) sur la base des principaux usages des matériaux finis incorporant des matériaux alternatifs, en distinguant les scénarios sensibles, adaptés à un gisement limité de matériaux alternatifs de haute qualité environnementale, des scénarios plus courants :
  - Modalités de contact matériau / eaux : contact permanent ou intermittent ; matériau granulaire ou monolithique
  - Conditions d'émission maximales de substances dans l'eau – Flux maximal correspondant
  - Flux maximal acceptable de substances pour les milieux récepteurs
4. Conception d'une procédure d'essai (méthode, protocole d'essai) à l'aide des essais d'évaluation du relargage normalisés au niveau européen pour les matériaux de construction (CEN TS 16637) avec des seuils associés en correspondance avec les scénarios d'exposition, adaptés au niveau de risque, adaptés aux caractéristiques de la majorité des matériaux candidats :
  - Caractérisation minimale du matériau alternatif : vérification de la variabilité des caractéristiques environnementales du matériau alternatif
  - Caractérisation du matériau fini vis-à-vis de l'émission de substances dans l'eau et dans l'air intérieur : vérification de l'acceptabilité environnementale du matériau fini pour un usage défini (procédure susceptible de s'appliquer à l'ensemble des matériaux de construction quelle que soit l'origine de leurs constituants)

5. Participation des producteurs et utilisateurs de ressources alternatives dans la validation de la démarche d'évaluation technique et environnementale
6. Mise en place d'une procédure d'assurance qualité et de traçabilité du matériau alternatif
7. Mobilisation d'un organisme indépendant responsable de la validation de l'acceptabilité du matériau alternatif dans un usage défini
8. Extension du contrôle technique de la construction à la validation du bon usage de la mise en œuvre du matériau tel qu'il a été validé comme acceptable (conservation par le Maître d'Ouvrage dans le Dossier des Ouvrages Exécutés).

### **Rappel applicable à tous Réglementation matériaux, RPC, marquage CE**

Les matériaux de construction, qu'ils soient d'origine primaire ou secondaire, doivent répondre aux exigences fondamentales du RPC pour pouvoir être utilisés dans les bâtiments. Ces exigences reposent pour la plupart sur des normes harmonisées. Dans le cadre de cette étude, l'exigence la plus concernée est l'exigence n°3 « Hygiène, santé et environnement ».

Le RPC stipule que les produits de construction ne peuvent être mis sur le marché que s'ils sont aptes à l'usage prévu, c'est-à-dire que s'ils ont des caractéristiques telles que les ouvrages dans lesquels ils doivent être incorporés, utilisés ou installés puissent, à condition d'avoir été convenablement conçus et construits, satisfaire aux exigences essentielles, ... dans le cas où ces ouvrages font l'objet d'une réglementation contenant de telles exigences. Le marquage CE atteste que les produits satisfont aux dispositions des Directives Européennes c'est-à-dire aux spécifications techniques harmonisées (normes harmonisées ou ATE) et aux exigences d'évaluation qui y sont attachées.

**En ce qui concerne les émissions dans l'air, les évaluations des risques sanitaires se font sur le matériau construction, que celui-ci intègre ou non des matières premières secondaires.**

Pour apposer le marquage CE sur son produit, le fabricant doit procéder à différentes étapes à des essais initiaux d'évaluation technique et à des contrôles de production en usine.

Pour certaines de ces étapes, le fabricant doit faire appel à un organisme tiers, appelé organisme notifié. L'intervention de l'organisme tiers dépend du système d'évaluation et de vérification de la constance des performances du produit étudié.

Chaque pays européen dispose de nombreux organismes notifiés spécialisés dans une catégorie de produit. La liste des organismes notifiés est disponible sur le site [ec.europa.eu](https://ec.europa.eu) <sup>67</sup>.

---

<sup>67</sup> [https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/index.cfm?fuseaction=directive.notifiedbody&sort=country&dir\\_id=33](https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/index.cfm?fuseaction=directive.notifiedbody&sort=country&dir_id=33)

## Références

### GENERAL

Ambrós, Wesley & Sampaio, Carlos & Cazacliu, Bogdan & Miltzarek, Gerson & Miranda, Leonardo. (2016). Usage of air jigging for multi-component separation of construction and demolition waste. Waste Management.

AMORCE, (2012). « État des lieux de la gestion des mâchefers en France, DT50 » 2012.

Asakura, Hiroshi & Watanabe, Yoichi & Ono, Yusaku & Masato, Yamada & Inoue, Yuzo & Alfaro, Alonso. (2010). Characteristics of fine processed construction and demolition waste in Japan and method to obtain fines having low gypsum component and wood contents. Waste management & research. 28, 634-646.

Ascencio, E., Medina, C., Frias, M., Sánchez de Rojas, M.I (2018). Effect of C&DW as a pozzolanic addition in cements on resistance to sea-water. 10<sup>th</sup> International Conference on the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials. WASCON 2018. Tampere, 6-8 June. 237-247.

Blengini, G.A., E. Garbarino, (2010) Resources and waste management in Turin (Italy): the role of recycled aggregates in the sustainable supply mix, J. Clean. Prod. 18. 1021–1030.

Böhmer, S., Moser, G., Peltoniemi, M., Schachermayer, E., Tesar, M., Walter, B., Winter, B. 2008. Aggregates case study. Final Report referring to contract n° 150787-2007 F1SC-AT. <http://www.umweltbundesamt.at/>.

Clozel, B., F. Battaglia, P. Conil and I. Ignatiadis (2002). BRGM/RP-52065-FR. Traitabilité par méthodes physiques, chimiques et biologiques de sols contaminés : Rapport final.

Evangelista, L and J. de Brito, “Concrete with fine recycled aggregates: a review,” Eur. J. Environ. Civ. Eng., vol. 18, no. 2, pp. 129–172, 2014. S.

Ferreira, C.D.; Jensen, P.; Ottosen, L.; Ribeiro, A. Preliminary treatment of MSW fly ash as a way of improving electrolytic remediation. J. Environ. Sci. Health Part A: Toxic/Hazard. Subst. Environ. Eng. 2008, 43, 837-843.

Florea, M. V. A., & Brouwers, H. J. H. (2012). Recycled concrete fines and aggregates- the composition of various size fractions related to crushing history. In 18th Ibaasil, International Conference on Building Materials (Internationale Baustofftagung), 2012 (pp. 1034–1041). Weimar, Germany: Bauhaus-University.

Garbolino, E. et Tessier, E. (2013). Programme Alteo- Bauxaline® Valorisations - Pase P - Rapport 1/5 - Capitalisation, bibliographie, gestion de données. Sophia : CRC, 201.

Grosdemange, D. (2005). Guide pour la gestion des opérations de dragage. Fédération Française des Ports de Plaisance.

Huang, W.L, D.H. Lin, N.B. Chang, K.S. Lin, (2002), Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process, Res. Cons.Rec. 37. 23–37.

Kribi, S. (2005). Décomposition des matières organiques et stabilisation des métaux lourds dans les sédiments de dragage. Thèse, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.

DE LARRARD, F., COLINA, H (2018). Le béton recyclé. IFFSTAR, novembre 2018. 791.

Lotfi S, Deja J, Rem P, Mróz R, van Roekel E, van der Stelt H. Mechanical recycling of EOL concrete into high-grade aggregates. Resources, Conservation and Recycling. 2014 ; 87(0):117-25.

Maupetit, François (2008). Méthodologie d'évaluation des caractéristiques sanitaires et environnementales des produits de construction. Rev Mal Respir ; 25 pages 164-172.

Méhu, J (2005) Incorporation de matières premières secondaires (MPS) dans les matériaux et produits de construction, ADEME.

Pellegrino C, Faleschini F (2013) Experimental behavior of reinforced concrete beams with electric arc furnace slag as recycled aggregate. ACI Mater J 110:197–206.

Ramaroson, J. (2008). Calcination des sédiments de dragage contaminés. Études des propriétés physico-chimiques. Thèse, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.

RECORD, (2015). Qualité et devenir des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux, Étude RECORD N°13-0241/1A (2015).

Rodriguez, G., C. Medina, F.J. Alegre, E. Asensio, M.I.S. Rojas, (2015), Assessment of construction and demolition waste plant management in Spain : in pursuit of sustainability and eco-efficiency, J. Clean. Prod. 90.16–24.

Scribot, 2014. Programme Alteo-Bauxaline®. ZP2. Etude de Formulation. Livrable 2.1 Caractéristiques Techniques de la Bauxaline®. Ecole de Mines de Douai.

Steketee, J., Langevoort, M, (2018) Production of a stable building material by treatment of MSWI bottom ash with the Tauw EquiAsh process. 10<sup>th</sup> International Conference on the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials. WASCON 2018. Tampere, 6-8 june. 111-115.

Sow, M (2016). Réalisation d'éco-ciments par la valorisation de cendres volantes de charbon non conventionnelles issues de centrales thermiques Spreader Stoker. Matériaux composites et construction. Thèse. Université Paul Sabatier - Toulouse III. Français. 301p.

Vernus, E., Gonzalez, L (2017). Synthèse bibliographique. I. Essais et méthodes de caractérisation du comportement à la lixiviation et restrictions d'usage de matériaux alternatifs, CEREMA.

Velzeboer, I., van Zomeren. 2017. End of Waste criteria for inert aggregates in member states. ENC projects 5.3498 and 5.4171. For the Dutch ministry of Infrastructure and Environment.

Wang L., Kwok J.S.H., Tsang D.C.W., Poon C., (2015), Mixture design and treatment methods for recycling contaminated sediment, Journal of Hazardous Materials, 283, 623-632.

<http://www.journaldelenvironnement.net/article/les-cendres-de-charbon-reviennent-sur-le-devant-de-la-scene,10474>.

<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3/valorisation-des-sous-produits-industriels-en-genie-civil-42826210/utilisation-des-sous-produits-industriels-les-cendres-volantes-c5374>.

La fumée de silice : l'addition incontournable pour des bétons durables. Revue Solution Béton (2011). Accessible via <https://www.infociments.fr/sites/default/files/article/fichier/SB-OA-2011-3.pdf>.

[http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Mementos\\_RMI/rp-66167-fr\\_final.pdf](http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Mementos_RMI/rp-66167-fr_final.pdf).

<http://www.ctpl.info/presentation/les-laitiers-siderurgiques/>.

<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/acceptabilite-environnementale-materiaux-alternatifs>.

## **AUTRICHE**

Ministry for Agriculture, Forestry, Environment and Water Management, 2014. Regulation of the Federal Minister for Agriculture, Forestry, Environment and Water Management on the obligations during construction and demolition activities, the separation and processing of waste arising from construction and demolition activities, the production and classification as non-waste of recycled construction materials (the Recycled Construction Materials Regulation). Report number: 2014/564/A.

Recycled Construction Materials Ordinance.

<https://www.bmnt.gv.at/english/environment/Wastemanagement/Recycled-Construction-Materials-Ordinance0.html>.

Guidelines for Recycled Construction Materials (2017). The Austrian Construction Materials Recycling Association (Österreichischer Baustoff-Recycling Verband, BRV).

[http://www.findera.fi/files/BRV\\_Austrian%20Construction%20Materials%20Recycling%20Association.pdf](http://www.findera.fi/files/BRV_Austrian%20Construction%20Materials%20Recycling%20Association.pdf).

Bio by Deloitte, 2015. Construction and demolition waste management in Austria.

## ALLEMAGNE

Ordinance introducing a Substitute Building Materials Ordinance, redrafting the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance and amending the landfill Ordinance and the Commercial Waste Ordinance (Sunstitute Building Materials and Soil Protection Umbrella Ordinance) 2017/176/D, accessible via

<http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/tris/en/search/?trisaction=search.detail&year=2017&num=176>.

Decree for the Requirements of the Use of Alternative Mineral Building Materials in Technical Constructions and for the Amendment of the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance, 2010.

Waste Management in Germany: Facts, Data, Diagrams (2018). Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), Public Relations Division. [www.bmu.de/english](http://www.bmu.de/english).

Zhang, R. (2004b). L'organisation des services de gestion des déchets en Allemagne et aux Pays-Bas, ENGREF Montpellier Plan national de Gestion des Déchets (VROM, 2004b. The National Waste Management Plan – Part 1 Policy framework. La Hague(NL), VROM, 188p.).

Bio by Deloitte, 2015. Construction and demolition waste management in Germany. V2 September 2015.

## PAYS-BAS

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2015. Regeling vaststelling van de status einde - afval van recyclinggranulaat. Report number: IENM/BSK-2-15/18222.

Bio by Deloitte, 2015. Screening template for Construction and Demolition Waste management in The Netherlands. V2-Septembre 2015.

<https://rwsenvironment.eu/subjects/from-waste-resources/national-activities/national-waste/>.

<https://rwsenvironment.eu/about-us-0/waste-and-materials/>.

Eikelboom, R. T., Ruwiel, E., & Goumans, J. J. J. M. (2000). The building materials decree : an example of a dutch regulation based on the potential impact of materials on the environment. *Waste Management Series, 1*(C), 963–974.

Verschoor, A. J., Lijzen, J., Van den Broek, H. H., Cleven, R., Comans, R. N. J., & Dijkstra. (2008). Revision of the Dutch Building Materials Decree: alternative emission limit values for inorganic components in granular building materials. 9th International Symposium on Environmental Geotechnology and Global Sustainable Development, Hong Kong, China, (January).

## ROYAUME-UNI

Environment Agency, 2013. End of Waste Criteria for the production of aggregates from inert waste. Report number: 2013/0107/UK.

Bio by Deloitte (2015). Construction and Demolition Waste management in United Kingdom.

WRAP (2013). Quality protocol: aggregates from inert waste. Environment Agency. <https://www.gov.uk/government/publications/quality-protocol-production-of-aggregates-from-inert-waste>.

WRAP (2010). Quality protocol: Quality protocol : pulverised fuel ash (PFA) and furnace bottom ash (FBA). <https://www.gov.uk/government/publications/quality-protocol-pulverised-fuel-ash-pfa-and-furnace-bottom-ash-fba>

## Annexes

### Annexe 1. Autriche

Tableau 17 : Valeurs seuils (lixiviation et contenu total) pour la classification des granulats issus de déchets de construction/démolition

Parameters <sup>A</sup>	Unit	Grade A+	Grade A	Grade B
<b>Eluate at L/S = 10 l/kg</b>				
Antimony	mg/kg DM	0.06	0.06	0.1
Arsenic	mg/kg DM	0.5	0.5	0.5
Barium	mg/kg DM	20	20	20
Lead	mg/kg DM	0.5	0.5	0.5
Cadmium	mg/kg DM	0.04	0.04	0.04
Molybdenum	mg/kg DM	0.5	0.5	0.5
Nickel	mg/kg DM	0.4	0.4	0.6
Mercury	mg/kg DM	0.01	0.01	0.01
Selenium	mg/kg DM	0.1	0.1	0.1
Zinc	mg/kg DM	4	4	18
Chloride	mg/kg DM	800	800	1,000
Fluoride	mg/kg DM	10	10	15
Phenol index	mg/kg DM	1	1	1
DOC <sup>B</sup>	mg/kg DM	500	500	500
TDS <sup>C</sup>	mg/kg DM	4,000	4,000	8000
<b>Total content</b>				
Arsenic	mg/kg DM	20	30	30
Lead	mg/kg DM	30	100	100
Cadmium	mg/kg DM	0.5	1.1	1.1
Chromium tot.	mg/kg DM	40	90	90
Copper	mg/kg DM	30	90	90
Nickel	mg/kg DM	30	55	55
Mercury	mg/kg DM	0.2	0.7	0.7
Zinc	mg/kg DM	100	450	450

## Annexe 2. Allemagne

Tableau 18 : Valeurs préventives pour les matériaux inorganiques <sup>1)</sup>

Matériau	Valeur préventive pour le type de sol <sup>2)</sup> sable	Valeur préventive pour le type de sol <sup>2)</sup> glaise/limon	Valeur préventive pour le type de sol <sup>2)</sup> argile
	[mg/kg]		
Arsenic	10	20	20
Plomb <sup>3)</sup>	40	70	100
Cadmium <sup>4)</sup>	0,4	1	1,5
Chrome <sup>total</sup>	30	60	100
Cuivre	20	40	60
Nickel <sup>5)</sup>	15	50	70
Mercure	0,2	0,3	0,3
Thallium	0,5	1	1
Zinc <sup>6)</sup>	60	150	200

- <sup>1)</sup> Les valeurs préventives pour les sols et les matériaux avec une teneur en carbone organique total (COT) déterminée selon l'annexe 3, tableau 1, de plus de 9 pour cent en masse ne sont pas applicables. Les valeurs pertinentes doivent être obtenues dans chaque cas sur la base de conditions du sol comparables au niveau régional pour ces sols et matériaux.
- <sup>2)</sup> Les groupes principaux de types de sols selon la cartographie pédologique, 5e édition, Hanovre 2009 (KA 5) ; sables fortement limoneux, sables argileux limoneux et sables très glaiseux ainsi que des matériaux qui ne peuvent pas être attribués à un type de sol, doivent être évalués en fonction du type de sol glaise / limon.
- <sup>3)</sup> Dans le cas du plomb avec un taux de pH < 5,0, les valeurs préventives du type de sol glaise / limon s'appliquent pour le type de sol argile et les valeurs préventives du type de sol sable s'appliquent pour le type de sol glaise / limon.
- <sup>4)</sup> Dans le cas du cadmium avec un taux de pH < 6,0, les valeurs préventives du type de sol glaise / limon s'appliquent pour le type de sol argile et les valeurs préventives du type de sol sable s'appliquent pour le type de sol glaise / limon.
- <sup>5)</sup> Dans le cas du nickel avec un taux de pH < 6,0, les valeurs préventives du type de sol glaise / limon s'appliquent pour le type de sol argile et les valeurs préventives du type de sol sable s'appliquent pour le type de sol glaise / limon.
- <sup>6)</sup> Dans le cas du zinc avec un taux de pH < 6,0, les valeurs préventives du type de sol glaise / limon s'appliquent pour le type de sol argile et les valeurs préventives du type de sol sable s'appliquent pour le type de sol glaise / limon.

Tableau 19 : Valeurs préventives pour les matériaux organiques

Matériau	Valeur préventive pour le taux COT $\leq 4 \%$	Valeur préventive pour le taux COT $> 4 \%$ à $9 \%^{1)}$
	[mg/kg]	
Total de PCB <sub>6</sub> et PCB-118 <sup>2)</sup>	0,05	0,1
Benzo[a]pyrène	0,3	0,6
HAP <sub>16</sub> <sup>2)</sup>	3	6

<sup>1)</sup> Pour des sols avec une teneur en COT de plus de 9 pour cent en masse, les valeurs pertinentes doivent être déduites selon le cas.

<sup>2)</sup> Total de PCB<sub>6</sub> et PCB-118 : pour le groupe des polychlorobiphényles (PCB), les mélanges PCB contenant six congénères principaux par Ballschmiter (PCB n° 28, 52, 101, 138, 153, 180) et PCB-118 sont analysés.

<sup>3)</sup> HAP<sub>16</sub> : Pour le groupe des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), 16 HAP sélectionnés sont analysés selon la liste de l'Environmental Protection Agency (EPA): acénaphthène, acénaphthylène, anthracène, le benzo[a]anthracène, benzo[a]pyrène, benzo[b]fluoranthène, benzo[g,h,i]pérylène, benzo[k]fluoranthène, chrysène, dibenzo[a,h]anthracène, fluoranthène, fluorène, indéno[1,2,3-cd]pyrène, naphthalène, phénanthrène et pyrène.

Tableau 20 : Charges annuelles supplémentaires admissibles de polluants par tous les vecteurs

Matériau	Charge
	[g/ha·a]
Arsenic	35
Plomb	200
Cadmium	5
Chrome <sub>total</sub>	150
Cuivre	300
Nickel	75
Mercure	1
Thallium	1,5
Zinc	1 200
Benzo[a]pyrène	1

**Tableau 21 : Valeurs pour l'évaluation des matériaux lors de l'application ou de l'incorporation en dessous ou à l'extérieur d'une couche de terre traversée par des racines**

Remarque : Les valeurs d'éluat ne sont pertinentes que si la valeur préventive respective selon le tableau 1 ou 2 est dépassée pour le matériau concerné, à l'exception de la valeur d'éluat du sulfate.

Matériau	Valeur en matériaux solides	Valeur en éluat	
		pour le taux COT < 0,5 %	pour le taux COT ≥ 0,5 %
	[mg/kg]	[µg/l]	
<b>Matériaux inorganiques</b>			
Arsenic	20	8	13
Plomb	140	23	43
Cadmium	1	2	4
Chrome <sub>total</sub>	120	10	19
Cuivre	80	20	41
Nickel	100	20	31
Mercure	0,6	0,1	0,1
Thallium	1	0,2	0,3
Zinc	300	100	210
Sulfate <sup>1)</sup>		250 000	250 000
<b>Matériaux organiques</b>			
Total de PCB <sub>6</sub> et PCB-118	0,1	0,01	0,01
HAP <sub>16</sub>	6		
HAP <sub>15</sub> <sup>2)</sup>		0,2 <sup>3)</sup>	0,2 <sup>3)</sup>
Naphtalène et méthylnaphtalènes		2 <sup>3)</sup>	2 <sup>3)</sup>
Halogènes extractibles liés organiquement (EOX) <sup>4)</sup>	1		

<sup>1)</sup> En cas de dépassement, la cause doit être recherchée. S'il s'agit de concentrations de sulfate naturellement élevées, une valorisation dans les zones touchées est possible. En dehors de ces zones, il faut décider de la pertinence de la valorisation au cas par cas.

<sup>2)</sup> HAP<sub>15</sub>: PAK<sub>16</sub> sans naphtalène et méthylnaphtalènes.

<sup>3)</sup> La valeur en éluat est pertinente si la valeur préventive de HAP<sub>16</sub> est dépassée selon l'annexe 1, tableau 2.

<sup>4)</sup> Lorsque la valeur est dépassée, il faut analyser les matériaux quant à des charges spécifiques selon les cas.

Tableau 22 : Valeurs pour les matériaux à analyser en sus lors de l'application ou de l'incorporation de matériaux avec plus de 10 % en volume de composants minéraux étrangers en dessous ou à l'extérieur d'une couche de terre traversée par des racines

Matériau	Valeur en matériaux solides	Valeur en éluat	
		pour le taux COT < 0,5 %	pour le taux COT ≥ 0,5 %
	[mg/kg]	[µg/l]	
Antimoine	4	5	5
Cobalt	50	26	62
Molybdène	4	35	35
Sélénium	3	5	5
Vanadium	200	20	35

Tableau 23 : Valeurs seuils pour le classement des matériaux de construction de substitution réglementés (RC-1, RC-2, RC-3 Matériau de construction de recyclage de classes 1, 2, 3)

MEB		RC-1	RC-2	RC-3
<b>Paramètres</b>	<b>Dim.</b>			
pH <sup>1</sup>		6 - 13	6 - 13	6 - 13
conduc. él. <sup>2</sup>	µS/cm	2 500	3 200	10 000
chlorure	mg/l			
sulfate	mg/l	600	1 000	3 500
fluorure	mg/l			
DOC	mg/l			
HAP <sub>15</sub>	µg/l	6,0	12	25
HAP <sub>16</sub>	mg/kg	10	15	20
antimoine	µg/l			
arsenic,	µg/l			
plomb,	µg/l			
cadmium	µg/l			
chrome, total	µg/l	150	440	900
cuivre	µg/l	110	250	500
molybdène	µg/l			
nickel	µg/l			
vanadium	µg/l	120	700	1 350

### Annexe 3. Pays-Bas

Tableau 24 : Valeurs seuils en lixiviation pour les matériaux granulaires et monolithiques

Parameter	Moulded building materials (mg/m <sup>2</sup> )	Un-moulded building materials (mg/kg d.m.)	IBC building materials (mg/kg d.m.)
antimony (Sb) CAS no. 7440-36-0	8.7	0.16	0.7
arsenic (As) CAS no. 7440-38-2	260	0.9	2
barium (Ba) CAS no. 7440-39-3	1,500	22	100
cadmium (Cd) CAS no. 7440-43-9	3.8	0.04	0.06
chromium (Cr) CAS no. 7440-47-3	120	0.63	7
cobalt (Co) CAS no. 7440-48-2	60	0.54	2.4
copper (Cu) CAS no. 7440-50-8	98	0.9	10
mercury (Hg) CAS no. 7439-97-6	1.4	0.02	0.08
lead (Pb) CAS no. 7439-92-1	400	2.3	8.3
molybdenum (Mo) CAS no. 7439-98-7	144	1	15
nickel (Ni) CAS no. 7440-02-0	81	0.44	2.1
selenium (Se) CAS no. 7782-49-2	4.8	0.15	3
tin (Sn) CAS no. 7440-31-5	50	0.4	2.3
vanadium (V) CAS no. 7440-62-2	320 <sup>1)</sup>	1.8 <sup>1)</sup>	20
zinc (Zn) CAS no. 7440-66-5	800	4,5	14
bromide (Br) CAS no. n.a.	670 <sup>2)</sup>	20 <sup>2)</sup>	34
chloride (Cl) CAS no. n.a.	110,000 <sup>2)</sup>	616 <sup>2)</sup>	8,800
fluoride (F) CAS no. n.a.	2,500 <sup>2)</sup>	18 <sup>2)</sup>	1,500
sulphate (SO <sub>4</sub> ) CAS no. n.a.	165,000 <sup>2)</sup>	1,730 <sup>2) 3)</sup>	20,000

Tableau 25 : Valeurs seuils en contenu total pour les matériaux granulaires et monolithiques

Parameter	comp- ositional requirement (mg/kg d.m.)
<b>Aromatic substances</b>	
benzene CAS no. 71-43-2	1 <sup>1)</sup>
ethylbenzene CAS no. 100-41-4	1.25 <sup>1)</sup>
toluene CAS no. 108-88-3	1.25 <sup>1)</sup>
xylene s (sum) being the sum of m-xylene, p-xylene and o-xylene CAS no. 95-47-6, 108-38-3, 106-42-3	1.25 <sup>1)</sup>
phenol CAS no. 108-95-2	1.25
<b>Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)</b>	
naphthalene CAS no. 91-20-3	5 <sup>2)</sup>
phenanthrene CAS no. 85-01-8	20 <sup>2)</sup>
anthracene CAS no. 120-12-7	10 <sup>2)</sup>
fluoranthene CAS no. 206-44-0	35 <sup>2)</sup>
chrysene CAS no. 56-55-3	10 <sup>2)</sup>
benzo(a)ant hracene CAS no. 218-01-9	40 <sup>2)</sup>
benzo(a)pyrene CAS no. 207-08-9	10 <sup>2)</sup>
benzo(k)fluoranthene CAS no. 50-32-8	40 <sup>2)</sup>
indeno (1,2,3cd) pyrene CAS no. 191-42-2	40 <sup>2)</sup>
benzo(ghi)perylene CAS no. 193-39-5	40 <sup>2)</sup>
PAHs (sum) being the sum of the aforementioned polycyclic aromatic hydrocarbons	50 <sup>3)</sup>
<b>Other parameters</b>	
PCBs (sum 7) being the sum of PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 and 180 CAS no. 7012-37-5, 35693-99-3, 37680-37-2, 35065-28-2, 35065-27-1, 35065-29-3, 31308-00-6	0.5
mineral oil CAS no. n.a.	500 <sup>1)</sup>
asbestos (weighed) being the concentration of serpentine asbestos plus ten times the concentration of amphibole asbestos CAS no. n.a.	0 <sup>4)</sup>