



**HAL**  
open science

# L'épreuve du tri sur site des déchets de la construction

Albane Bauby, Daniel Florentin, Vincent Chatain

► **To cite this version:**

Albane Bauby, Daniel Florentin, Vincent Chatain. L'épreuve du tri sur site des déchets de la construction. 2021. hal-03313523v2

**HAL Id: hal-03313523**

**<https://hal.science/hal-03313523v2>**

Preprint submitted on 9 Nov 2021 (v2), last revised 5 Jan 2022 (v3)

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# L'épreuve du tri sur site des déchets de la construction

Albane Bauby<sup>a,b</sup> ; Daniel Florentin<sup>a,c,\*</sup> ; Vincent Chatain<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Mines Paris Tech, Institut Supérieur d'Ingénierie et de Gestion de l'Environnement (ISIGE), PSL University

<sup>b</sup> Univ. Lyon, INSA Lyon, Laboratoire DEEP (Déchets Eaux Environnement Pollutions), EA 7429, 69621

Villeurbanne, France

<sup>c</sup> Chercheur associé au Centre de Sociologie de l'Innovation (CSI)

\* Auteur correspondant : daniel.florentin@mines-paristech.fr

## Résumé

La transformation du secteur de la construction, plus gros producteur de déchets dans de nombreux pays, représente un enjeu majeur pour une diminution de l'empreinte matérielle de nos sociétés. Cependant, les déchets sont souvent mélangés sur les chantiers de construction, triés seulement a posteriori dans des unités centralisées, diminuant fortement la recyclabilité de certains matériaux. La mise en place de tri directement sur les chantiers de construction est ainsi un enjeu d'importance, dont la diffusion demeure décorrélée des bénéfices environnementaux qui lui sont associés. Cette faible diffusion du tri sur site révèle une faible connaissance des pratiques réelles de tri, qui reste une boîte noire opérationnelle comme académique. Cet article, via une recherche en partenariat avec une entreprise de la construction francilienne, permet de documenter la réalité des faibles pratiques de tri sur les chantiers de construction. Celle-ci est notamment associée à des doutes sur la viabilité économique de ce type de démarche. L'article propose une simulation simple pour tester l'intérêt économique du tri sur chantier, montrant une baisse des coûts de gestion des déchets pour les constructeurs jusqu'à 48%. Celle-ci est mise à l'épreuve de deux chantiers réels, montrant les défis que le tri sur chantier ouvre pour confirmer à la fois l'intérêt économique et la soutenabilité de la démarche de tri sur site des déchets de la construction.

Mots-clés : déchets – construction – tri sur site – pratiques professionnelles – Ile de France

## Abstract

The transformation of the construction sector is of utmost importance to diminish the material footprint of our societies, as it remains the main source of waste generation in many regions worldwide. Yet, construction waste is often mixed on construction sites, and only sorted out afterwards in centralised units, which largely impedes potential material recovery. The implementation of on-site sorting strategies is thereby crucial, although its development does not follow the environmental benefits that are associated with them. This poor diffusion of on-site sorting for construction waste reveals a poor knowledge of the reality of sorting practices on construction sites, which remain an academic and operational blackbox. Through an embedded research within a medium-size French construction company, this article documents the poor practices of sorting construction waste. This phenomenon is often associated with doubts, uncertainties and preconceptions regarding the economic viability of on-site sorting. This paper provides a simple model to test this preconceived idea and the economic interest of on-site sorting, showing that it results in the diminution of waste treatment costs by up to 48% for construction companies. One such result is contrasted with the monitoring of two experiments, where on-site sorting practices are developed, showing the important challenges this operationalisation entails to make the economic interest and the sustainability of the approach converge and coincide.

Key words: construction waste – on-site sorting – professional practices – Ile de France

45 Introduction

46 C'est devenu un quasi trope académique que de constater l'énorme impact matériel des déchets issus de la  
47 construction, dans un contexte où plusieurs études considèrent que les matériaux de construction constituent  
48 le deuxième plus gros volume de matériaux consommés après l'eau (Augiseau, 2019). De nombreux rapports  
49 ou articles détaillent les chiffres impressionnants de déchets générés annuellement par le secteur de la  
50 construction, qui atteignent par exemple aux Etats-Unis le double des volumes des déchets ménagers. En  
51 France, les déchets de la construction<sup>1</sup> représentent la source de déchets la plus importante : on recense en  
52 2017 224 millions de tonnes produites par ce secteur, soit 69% du total des déchets produits sur le territoire  
53 (Ademe, 2020). Même si la gestion des déchets de la construction n'est pas un objet complètement nouveau  
54 au niveau académique (Lu et Yuan, 2011), en lien notamment avec l'émergence à l'époque des discours sur le  
55 développement durable qui ont installé le déchet comme un objectif non seulement politique,  
56 socioéconomique mais aussi moral, on peut cependant constater que le secteur bénéficie d'une attention  
57 renouvelée, en raison d'un quadruple contexte.

58 Le premier est celui des débats sur les questions d'économie circulaire, qui convergent vers un plaidoyer pour  
59 une approche transformée de la gestion des déchets favorisant la minimisation du volume des déchets  
60 générés. Ces débats sont une chambre d'écho des travaux insistant sur le besoin crucial de changer les  
61 métabolismes urbains (Augiseau et Barles, 2017), qui recoupe la nécessité de repenser les différents flux  
62 rendant les activités humaines possibles.

63 Deuxième élément de contexte, un premier regard sur la littérature académique ou professionnelle semble  
64 indiquer que les enjeux liés aux déchets de la construction sont particulièrement saillants dans les économies  
65 en forte croissance, notamment dans les régions d'Asie de l'Est et du Sud-Est, venant ainsi confirmer ce que  
66 Yuan et Shen avaient anticipé dès 2011 quand ils annonçaient que ces régions seraient concernées très  
67 lourdement par l'acuité des problèmes de ce secteur dans un futur assez proche (Yuan et Shen, 2011). Pour  
68 autant, si les questions de saturation liée aux déchets de la construction sont certes structurantes des  
69 problématiques de nombreuses villes asiatiques, elles peuvent tout autant être observées comme un élément  
70 décisif dans un certain nombre de contextes européens.

---

<sup>1</sup> Qui, dans le droit français, conformément à l'ordonnance 920 de juillet 2020 englobe « les déchets produits par les activités de construction et de démolition, y compris les activités de rénovation, des secteurs du bâtiment et des travaux publics »

71 Troisièmement, c'est cette acuité des enjeux de déchets qui a notamment conduit à la mise en place de  
72 réglementations plus strictes sur la minimisation des déchets en Europe, rythmée entre autres par le Paquet  
73 Economie Circulaire de la Commission Européenne. Ce processus est complété au niveau national, dans  
74 certains pays comme en France, autour des discussions actuelles sur l'extension au domaine de la construction  
75 de la responsabilité élargie au producteur (REP), prévue pour 2022. Elle rendrait le producteur d'un déchet de  
76 la construction comptable de l'intégralité de sa gestion et augmenterait l'intérêt économique pour les chantiers  
77 du bâtiment de mettre en place le tri à la source de leurs déchets. Du fait de cette nouvelle réglementation, le  
78 traitement des déchets du bâtiment sera financé dès l'achat des matériaux neufs chez les fournisseurs via  
79 l'ajout d'une écocontribution au prix de base de ces matériaux. Cette hausse de prix sera contrebalancée par la  
80 reprise gratuite des déchets à condition que ces derniers soient triés. Ainsi, pour ne pas être fortement  
81 impactés économiquement par cette REP, les chantiers n'auront d'autres choix que de mettre en place le tri à  
82 la source directement sur leur site.

83 Enfin, ces enjeux de la construction sont aussi reconsidérés par le développement de bâtiments à faible  
84 consommation énergétique et d'objectifs réglementaires visant à réduire l'impact carbone et matériel du secteur.  
85 Cette orientation du secteur de la construction agit comme un levier permettant d'encourager la mise en place  
86 ou l'adoption de produits écoconçus par les membres de la chaîne d'approvisionnement de la construction,  
87 aussi bien par les producteurs, les propriétaires, les contractants ou les entreprises de construction.

88 Ces éléments de contexte rendent les pratiques de tri des déchets de la construction d'autant plus importantes  
89 qu'elles contribueraient ainsi à la fois à la minimisation des déchets et à une deuxième vie ou à un usage  
90 potentiellement circulaire d'une partie d'entre eux. Historiquement, le tri s'est essentiellement effectué dans  
91 ce secteur via des installations centralisées, qui permettent d'avoir un processus industrialisé pour gérer ces  
92 flux. Cependant, ce type de solutions reste très marqué par une logique dite de bout de tuyau (*end-of-pipe*). La  
93 minimisation des déchets peut en fait tout à fait se penser et s'exercer directement à la source de production  
94 du déchet, en prêtant attention à des pratiques de tri à la source, et notamment le tri sur site des déchets de la  
95 construction. Cette pratique du tri sur site des déchets de la construction, si elle semble conceptuellement  
96 assez simple puisqu'il s'agit d'une pratique de tri à la source, demeure encore largement une boîte noire dans  
97 la recherche académique, pour notamment en saisir la complexité et la réalité opérationnelle. Les différents  
98 travaux scientifiques s'intéressant au sujet (Chethana *et al.*, 2020 ; Ma *et al.*, 2020) soulignent combien ce tri

99 sur site fait l'objet d'une idée reçue très répandue chez les développeurs urbains, selon laquelle le tri sur site  
100 ne serait pas viable, alors même que celui-ci n'a jamais été réellement documenté et étudié en détail.

101 Une grande partie de la littérature académique sur le sujet propose des analyses de données secondaires sur la  
102 production et gestion des déchets. Notre approche se veut différente : par l'entremise d'un projet de  
103 recherche opéré en immersion au sein d'une entreprise de la construction de taille moyenne de la région Ile de  
104 France entre mai et novembre 2020, nous avons pu produire des données empiriques de première main sur les  
105 pratiques de tri sur site dans le domaine de la construction. Ce travail permet notamment de mettre le doigt  
106 sur les pratiques inverses, de non-tri, et d'essayer d'identifier les obstacles à la mise en place d'un tri sur site.  
107 Par ce biais, notre travail cherche à combiner trois apports. Tout d'abord, il permet d'illustrer, dans ce  
108 domaine, un phénomène classique, à savoir l'écart entre les régulations et la réalité des pratiques ; il le fait  
109 dans le contexte d'un pays industrialisé, ce qui est moins courant que la littérature sur ces distorsions dans des  
110 contextes de pays émergents, et met de ce fait l'accent sur l'ampleur des transformations encore nécessaires  
111 pour transformer radicalement la gestion des déchets et la rendre pleinement soutenable. Ensuite, la position  
112 de chercheuse embarquée d'une des autrices.teurs de cet article a également permis, à partir des données  
113 primaires recueillies, de pouvoir tester l'idée reçue du manque de viabilité économique du tri sur site. Un  
114 modèle simple, présenté plus loin, permet de passer cette idée reçue à l'épreuve du réel dans le contexte  
115 francilien. Enfin, cette position a également permis de tester la mise en place du tri sur site dans deux projets  
116 de construction, et de voir en quoi elle constituait une épreuve pour les différents acteurs de la filière et  
117 notamment du chantier.

118

119 1. Revue de la littérature : la complexe articulation du tri sur chantier et de l'économie  
120 circulaire

121

122 1.1. Tri sur chantier : un problème complexe au sein de la gestion des déchets

123 Les pratiques de tri dans la gestion des déchets de la construction sont souvent confinées à une liste de « best  
124 practices », alors qu'elles pourraient être considérées comme un élément de forte transformation dans les  
125 stratégies de minimisation des déchets (Yuan *et al.*, 2013).

126 Le tri sur site n'a rien de nouveau, mais la pratique a atteint une sorte de *momentum* aussi bien académique  
127 qu'opérationnel au cours de la dernière décennie, essentiellement parce qu'elle a été considérée comme une

128 pratique essentielle dans la mise en place de pratiques d'économie circulaire et un pas décisif en termes de  
129 gestion environnementale des déchets de la construction (Ma *et al.*, 2020). En permettant une séparation  
130 précoce des éléments, l'approche du tri sur site contribue à diminuer le risque de contamination par les  
131 matériaux dangereux ou autres corps étrangers (Williams *et al.*, 2014). Dans de nombreuses études provenant  
132 de façon prépondérante de cas en Asie du Sud-Est, le tri sur site est ainsi analysé comme un mécanisme qui  
133 devrait contribuer à une amélioration du réemploi et des niveaux de recyclage, mais aussi à une réduction des  
134 coûts de traitement (Poon *et al.*, 2001 ; Wang *et al.*, 2010). C'est ce qui explique qu'une telle pratique soit alors  
135 considérée par certains travaux comme l'une des pratiques les plus efficaces pour diminuer la production de  
136 déchets et augmenter la récupération de matière (Hossain *et al.*, 2017).

137 Cependant, malgré sa contribution environnementale apparente, le tri sur site ne semble pas aussi développé  
138 que cet apport environnemental pourrait le laisser envisager. Si le cas de Hong-Kong est très largement  
139 documenté dans la littérature académique, avec l'adoption de réglementations encadrant la pratique du tri sur site  
140 dès 2006 et sa mise en place (Yuan *et al.*, 2013), l'examen d'autres exemples ne montre pas une tendance  
141 similaire à ce cas localisé. Ma *et al.* (2020) rappellent qu'il n'y a que très peu de traces de la mise en place du tri  
142 sur site en Chine, en listant les recommandations gouvernementales en la matière tout en soulignant le fait  
143 qu'il n'existait pas de cas de mise en place. Même dans le cas pourtant très avancé de Hong-Kong, où un  
144 système de pénalisation financière a été mis en place quand les pratiques de tri sur site étaient absentes, les  
145 développeurs urbains semblent toujours fortement réticents à l'intégration du tri sur site dans la gestion des  
146 déchets de la construction (Poon *et al.*, 2013 ; Chethana *et al.*, 2020). Pour des développeurs souvent désireux  
147 de faire reconnaître la qualité des produits construits, notamment via des certifications ou des labels attestant  
148 d'un faible impact environnemental de la construction, du type BREEAM ou LEED, le tri sur site est mis en  
149 miroir d'autres pratiques de construction, souvent considérées comme moins chères à mettre en œuvre et  
150 rapportant plus de points pour la certification. Là où des analyses de coûts-bénéfices environnementaux  
151 devraient favoriser le tri sur site, les analyses en coûts-bénéfices économiques tendent à privilégier d'autres  
152 éléments dans le processus de construction, du côté des développeurs (Chethana *et al.*, 2020). Il y a, de ce  
153 point de vue, un besoin important de démontrer la viabilité économique du tri sur site dans la gestion des  
154 déchets de la construction, car la perception est largement partagée par les praticiens de la construction que la  
155 mise en place de pratiques de gestion des déchets, et en particulier de tri sur site rend les projets plus onéreux

156 (Lu et Yuan, 2011), et menace de ce fait l'équilibre financier des opérations urbaines. Cela rappelle que le tri sur  
157 site n'a pas qu'une valeur environnementale, mais est bien aussi ancrée dans une logique lui conférant une  
158 valeur économique : si l'on peut en démontrer la viabilité économique, le tri sur site trouverait alors une place  
159 différente dans la chaîne de valeur, venant illustrer une forme de *reverse logistics* (Ramezdeen *et al.*, 2015).

160

## 161 1.2. Et si on se trompait de question ? L'enjeu de la connaissance des pratiques 162 opérationnelles de tri

163 Une large part de la littérature académique sur le tri sur site l'insère dans le déploiement des principes  
164 architectoniques de la gestion des déchets de la construction, à savoir les politiques de « 3 R » (réduire,  
165 recycler, réemployer), considérés comme les trois principales politiques acceptables en la matière (Huang *et al.*,  
166 2018, Chethana *et al.*, 2020) ou le développement de plans de gestion des déchets. Les récents  
167 développements technologiques vont dans le même esprit, dans le but d'analyser le potentiel de nouveaux  
168 outils pour aider à une meilleure classification des déchets et à leur gestion plus fluide via des outils du type  
169 BIM (Guerra *et al.*, 2020). Tous ces outils sont censés améliorer l'efficacité du processus et contrecarrer la perte  
170 de productivité dirimante associée aux pratiques de tri sur site.

171 Si ces considérations sont importantes pour améliorer un certain nombre d'aspects de la gestion des déchets,  
172 elles négligent cependant une condition préalable essentielle : une claire connaissance des pratiques réelles sur  
173 les sites de construction. Peu d'études ont vraiment fait ce lien avec les réalités opérationnelles des pratiques  
174 quotidiennes sur le chantier. Marrero et Ramirez-De-Arellano (2010) ont par exemple développé un modèle  
175 pour estimer les coûts de construction et inclure les pratiques de déchets lors de la construction et de la  
176 démolition : leur approche ne s'appuie cependant pas sur l'observation de la réalité des pratiques de tri, mais  
177 sur les coûts attribués en considérant une bonne application des principes de tri. La question de la  
178 connaissance de ces pratiques et de l'enjeu de données fiables est parfois évoquée (Ngoc *et al.*, 2020) et  
179 souvent attribuée à tort aux seuls cas des villes des Suds. Pourtant, la littérature grise fournit quelques  
180 éléments qui soulignent cette faible connaissance (Bellastock, 2018 ; CERC Ile de France, 2013 ; FFB, 2019 pour  
181 les cas français) : les données disponibles sur la gestion des déchets de la construction ne reflètent que très  
182 faiblement la réalité des pratiques de tri et il y a là un déficit de connaissance à combler. Comme le décrit  
183 d'ailleurs Augiseau (2019), de récentes études en Ile de France montrent que, sur un panel de 200 entreprises  
184 de la construction, 70% ont des problèmes avec la gestion des déchets, et seules 10 à 15% d'entre elles

185 contrôlent et supervisent véritablement cette gestion des déchets. Cela se traduit par des questions qui  
186 peuvent sembler au premier abord assez basiques, mais peinent à trouver des réponses du même ordre : de  
187 quel type de déchet s'agit-il ? Où va-t-il ? Comment et pourquoi dois-je le gérer ? Cela confirme l'importance de  
188 se pencher sur ce trou de connaissance en matière de réalité des pratiques de tri, qui permettrait également  
189 d'intégrer ces pratiques dans la production de valeur du domaine de la construction de manière plus  
190 stratégique.

191

### 192 1.3. La gestion des déchets de la construction : une problématique territorialisée, 193 située et désordonnée (*messy*)

194 L'amélioration de la gestion des déchets dans le secteur de la construction a longtemps été nourrie par des  
195 études mesurant les marges potentielles d'amélioration via une liste de pratiques censées fonctionner (cf.  
196 Hasmori *et al.*, 2020 pour une analyse complète). Ce type d'approche est en fait très congruent avec une vision  
197 déterritorialisée de la gestion des déchets de construction. Le développement de pratiques de gestion des  
198 déchets visant des formes de circularité nécessite de prendre en considération comment elles sont socialement  
199 et spatialement situées, et la manière dont les sites de construction varient d'un lieu à un autre en termes de  
200 design, de contraintes de site, d'espaces environnants ou de types de construction (Maués *et al.*, 2020). Ces  
201 facteurs n'ont pas qu'une influence sur la production de déchets, mais aussi sur leur prise en main et la  
202 possibilité de développer des pratiques de tri sur site.

203 Le tri sur site rend la gestion des déchets dynamique et non statique, et également dépendant de  
204 comportements humains. De nombreuses études analysent ces comportements humains par rapport au tri de  
205 manière morale (ou déterministe), les évaluant en termes de problème d'attitude (Yang *et al.*, 2020),  
206 notamment chez les concepteurs de projets, ou de volonté (Ann *et al.*, 2013) concernant la gestion des déchets  
207 de la construction. Nous suggérons d'adopter une approche plus constructiviste de ces pratiques, davantage  
208 ancrée dans les études sur les changements sociotechniques (Moss, 2014). Cela implique de considérer  
209 notamment que les pratiques de gestion des déchets sont inscrites dans « a largely messy, contested and  
210 discursive process strongly framed by contexts of action and contingent events »<sup>2</sup> (Moss, 2014). Dans ce cadre,  
211 une analyse des pratiques de tri sur site appelle une compréhension du contexte sociopolitique et réglementaire

---

<sup>2</sup> Un processus largement chaotique, contesté et discursif, délimité par des contextes d'action et des événements contingents (traduction des autrices.teurs).



212 d'un projet de construction, et une attention portée aux pratiques des personnes travaillant sur le site pour  
213 révéler l'amplitude de la « messiness » (le caractère intrinsèquement désordonné) de cette gestion des déchets  
214 de la construction et les frictions qui lui sont inhérentes.

215

## 216 2. Matériels et méthodes

217 Afin de pouvoir saisir ces enjeux aussi bien opérationnels que cognitifs, nous avons développé, entre mai et  
218 novembre 2020, un protocole de recherche embarquée au sein d'une entreprise de la construction française  
219 ordinaire, de taille moyenne. Cette approche ne prétend pas à l'exhaustivité ou à la représentativité  
220 statistique : elle permet d'apporter des éclairages qualitatifs et situés sur des phénomènes perçus à grands  
221 traits dans des études plus quantitatives évoquant les problèmes de connaissance et de données sur les  
222 déchets de chantiers (FFB, 2019). Cette position nous a permis d'avoir accès plus facilement aussi bien aux sites  
223 et aux gens, ouvrant une fenêtre d'observation sur les pratiques sur site et une interaction avec les  
224 responsables de chantier. Elle a aussi été l'occasion de pouvoir mettre en place des transformations dans la  
225 gestion des déchets, en lien avec les régulations à venir mentionnées en introduction sur le tri sur site et  
226 l'économie circulaire. Dans ce cadre, notre méthodologie a donc suivi un processus en trois phases.

227

### 228 2.1. Enquête sur les pratiques de tri

229 Une enquête en ligne, adaptée de ce qui avait été fait par Kang *et al.* (2006) a été menée au sein de l'entreprise  
230 auprès des 70 encadrants de chantiers de construction courant septembre 2020. Elle a été complétée par des  
231 visites de sites. Le double objectif de cette enquête par questionnaire est de collecter de l'information sur la  
232 réalité des pratiques de tri par les personnes travaillant au quotidien sur les chantiers et, en parallèle, de  
233 construire une stratégie permettant une mise en place du tri sur site.

234 Le panel a été interrogé sur deux points principaux : leurs profils (âge, expérience, type de site sur lequel ils ou  
235 elles travaillent) et leur connaissance, opinion et recommandation concernant le tri sur site.

236

### 237 2.2. Simulation économique autour du tri sur chantier

238 Une fois ces pratiques documentées, une évaluation économique de l'intérêt de développer le tri sur site a été  
239 développée. Ce modèle simple s'appuie sur les données primaires de déchets de la construction recueillies sur

240 un site spécifique de construction (mélangés dans des bennes de 8m3), dans la banlieue parisienne, qui a été  
241 utilisé comme proxy pour la plupart des sites de l'entreprise. Les chantiers de construction travaillent en lien  
242 avec des prestataires de déchets, qui sont des entreprises de tri externes qui collectent les bennes pleines de  
243 déchets pour les trier sur leurs plateformes et envoient ensuite leurs déchets triés dans les filières de  
244 valorisation. Ce service a un prix qui inclut les coûts de transport et de traitement. Les bennes déjà triées sont  
245 de ce fait normalement moins chères que les mélangées (non triées). Dans cette optique, nous avons comparé  
246 trois prestataires de déchets travaillant avec des chantiers de construction, ayant des prix différents et situés  
247 dans des territoires différents de la région. Elles ont été comparées dans deux scénarios, chacun n'incluant que  
248 des containers de 8m3 :

- 249 - Scénario 1 : des bennes de déchets industriels banals (DIB) uniquement, ce qui correspond à des  
250 déchets mélangés
- 251 - Scénario 2 : des bennes spécifiques pour les déchets inertes, pour le bois, et pour les déchets  
252 industriels banals (DIB)

253

### 254 2.3. Mise en place du tri sur site dans deux chantiers et ses difficultés

255 Pour mesurer les impacts économiques réels du tri sur site, la pratique a été déployée avec le même protocole  
256 sur deux chantiers de construction de l'entreprise. Les deux sites choisis ont des objets similaires (logement) et  
257 sont situés en Ile de France. Le tri sur site est mis en place de manière proactive et volontaire sur l'un des  
258 chantiers (chantier 2), afin d'anticiper les obligations réglementaires à venir, là où c'est une demande du client  
259 sur l'autre (chantier 1).

260 Le chantier 1 correspond à la construction de 300 logements, avec une centaine de personnes travaillant sur le  
261 chantier, et 8m3 de déchets produit quotidiennement. Ce site est dans une phase de travaux secondaires,  
262 caractérisée par une grande diversité de types de déchets et un grand nombre de sous-traitants (plombiers,  
263 électriciens, peintres, etc.).

264 Le chantier 2 est plus petit ; 30 personnes sur le chantier construisent 90 logements et produisent 8m3 de  
265 déchets par semaine. Le site est dans une phase plus structurelle de travaux de gros œuvre, ce qui correspond  
266 à une plus faible diversité de déchets, sans la présence de sous-traitants.

267 Les deux chefs de chantier ont défini une zone de tri regroupant 4 à 5 bennes pour les inertes, le bois, les  
268 métaux, les DIB et les déchets dangereux. Chaque benne s'est vu affublée d'une pancarte indicative, avec un  
269 code couleur qui indique quels types de déchets doivent être mis en leur sein. Une réunion additionnelle a été  
270 organisée avec les personnes travaillant sur le chantier pour leur présenter l'aire de tri et détailler les gestes à  
271 accomplir, prenant la forme d'un « quart d'heure environnement » . L'expérimentation a été monitoré pendant  
272 trois mois.

273

## 274 3. Résultats et discussion

275

### 276 3.1. Enquête sur les pratiques de tri

277 Sur les 70 conducteurs travaux sollicités, 53 ont participé à l'enquête, représentant 20 chantiers de  
278 construction différents, ce qui en fait un échantillon très représentatif des pratiques qui peuvent être  
279 observées dans cette entreprise ordinaire de la construction, dans des configurations très variées. Trois points  
280 principaux peuvent être extraits des réponses au questionnaire, qui révèlent les disjonctions importantes entre  
281 les réglementations officielles et la réalité des pratiques opérationnelles.

282

#### 283 3.1.1. De faibles pratiques de tri

284 Les résultats du questionnaire mettent en lumière que les pratiques de tri sont tout sauf une pratique évidente.  
285 Comme cela est décrit dans la figure 2, seuls 64% des conducteurs de travaux disent trier les déchets  
286 dangereux, alors que ce tri est obligatoire légalement depuis 2010 (article L541-7-2 du code de  
287 l'environnement). Cela est convergent avec la littérature grise, d'après laquelle seule une part marginale des  
288 déchets de la construction est réellement contrôlée (CERC Ile de France, 2013). Cela explique les importants  
289 volumes de déchets qui ne sont pas différenciés, mais seulement mélangés, même lorsqu'ils sont considérés  
290 comme dangereux pour des questions de sécurité, d'environnement ou de santé (et en premier lieu pour les  
291 personnes qui travaillent sur ces chantiers).

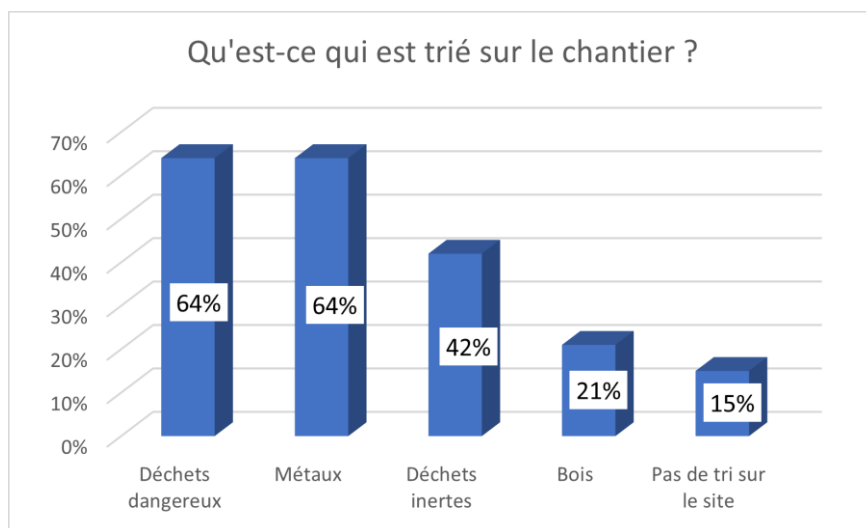


292

293 Figure 1 : Exemple de faibles pratiques de tri sur un site de construction (Copyright : Bauby, 2020)

294 Le niveau relativement élevé de tri des métaux (64% des conducteurs de travaux disent le pratiquer) est aussi  
295 un indicateur intéressant d'une pratique qui s'est largement normalisée et a été intégrée par les travailleuses  
296 et travailleurs de la construction, bien que ce tri ne soit pas légalement obligatoire. Mais son intérêt  
297 économique a été démontré depuis déjà un certain temps. Bien qu'ils représentent au moins la moitié des  
298 déchets produits et soient potentiellement intégralement valorisables à un coût peu élevé, les déchets inertes  
299 sont triés dans une minorité de cas (40%), montrant la faible importance donnée à ce type de déchet et à  
300 l'empreinte matérielle des déchets de la construction.

301 Les profils des différents sites de construction montrent par ailleurs que la taille du chantier ne conditionne pas  
302 les pratiques de tri, puisque les pratiques de non-tri sont globalement aussi importantes dans les petits sites  
303 que dans les grands.



304

305

Figure 2 : Résultats du questionnaire sur les pratiques de tri sur les chantiers

### 3.1.2. Pression foncière, organisation de l'espace et pratiques de tri sur site

Ces pratiques relativement disparates de tri des déchets ont été mises en perspective, dans le questionnaire, avec les éléments qui les conditionnaient (Yang *et al.*, 2020). Là où d'autres travaux sur le cas de Hong Kong mettent en avant l'importance des réticences des conducteurs de travaux, qui seraient principalement dues à des raisons économiques, les résultats du questionnaire montrent que les principaux freins sont liés au manque d'espace disponible sur chantier ainsi qu'au travail supplémentaire engendré par la pratique. L'impact économique, lié au déclasserement des bennes mal triées, arrive seulement en troisième position.

Ainsi, les trois quarts des conducteurs de travaux justifient ou expliquent l'absence de tri sur site par le manque d'espace sur les chantiers, phénomène souligné de manière encore plus massive sur les sites de grande taille (83% des sites de grande taille mettent en avant ce problème d'espace). Cela est relativement cohérent avec l'intense pression foncière qui caractérise la région Île de France, où tout site de construction est l'objet de nombreuses restrictions spatiales. Des visites sur différents sites ont confirmé le fait que les aires dédiées au tri des déchets étaient souvent négligées dans la phase de design du site. Cela laisse de ce fait, à l'avenir, une zone avec une forte marge de manœuvre pour transformer l'organisation des sites de construction et les rendre plus favorables au tri, et optimisés en vue de ces pratiques de gestion des déchets.

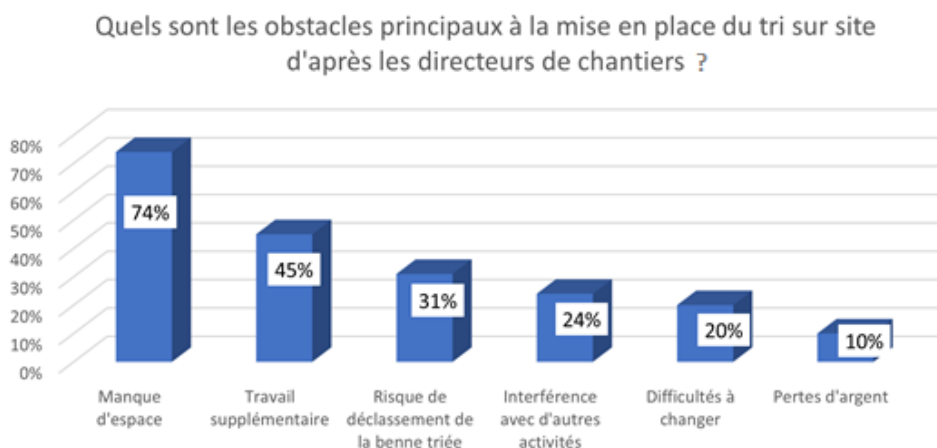


Figure 3 : Perception des obstacles au tri sur site par les directeurs de chantiers

Ces problèmes d'organisation spatiale sont complétés par un autre grand facteur expliquant le faible tri opéré sur site et constituant un frein au développement des projets d'économie circulaire, le risque de déclasserement. Ainsi, près d'un tiers des conducteurs de travaux considèrent que les pratiques de tri sur site sont problématiques en raison du risque de voir les bennes triées, qui sont censément à un coût plus bas, être « déclassées » par les prestataires de déchets si elles ne sont pas parfaitement triées (et donc voyant leur prix

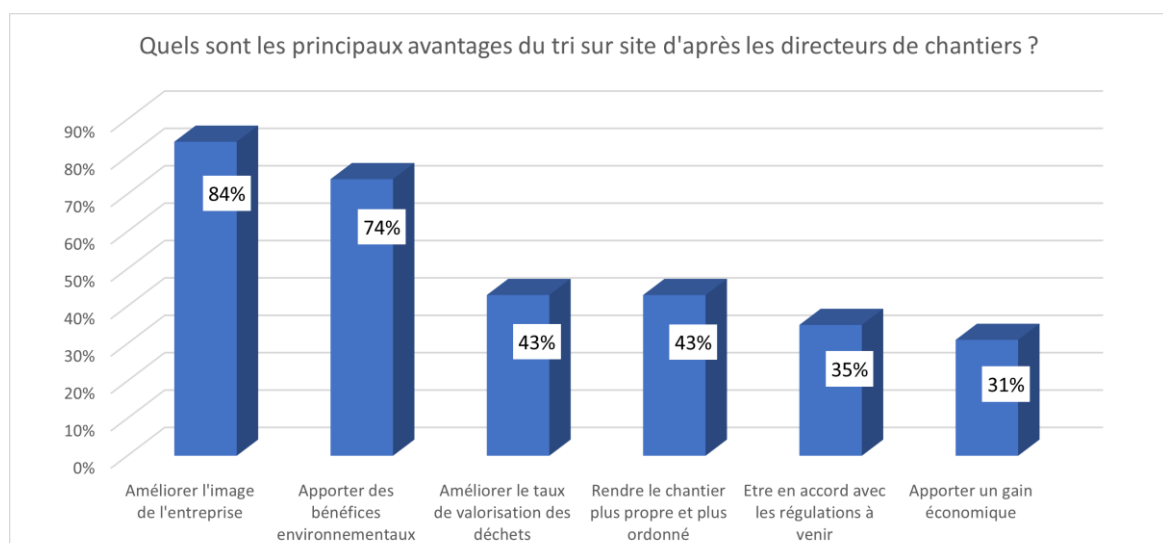
328 augmenter). C'est à ce niveau qu'on retrouve des négociations et régulations plus ou moins explicites entre les  
329 entreprises de construction et les entreprises gérant la collecte des déchets triés. S'y ajoutent des enjeux liés à  
330 la (faible) formation des personnes travaillant sur le chantier, et à la sous-traitance, qui viennent renforcer  
331 l'impression d'un risque de déclassement pour les conducteurs de travaux. L'ensemble de ces acteurs du  
332 chantier doivent trouver une forme de compromis sur les pratiques de tri jugées satisfaisantes, et nombre de  
333 conducteurs de travaux évitent de passer trop de temps à trier quand ils considèrent que cela débouche trop  
334 fréquemment sur un déclassement des bennes collectées, constituant alors un poids financier supplémentaire  
335 pour l'entreprise.

336

### 337 3.1.3. Une appétence potentielle pour les pratiques de tri sur site

338 Si les pratiques de tri restent encore limitées, les réponses au questionnaire révèlent cependant un intérêt  
339 partagé pour développer ces pratiques. Les raisons qui président à cette appétence sont principalement à  
340 chercher dans le bénéfice écologique qui est associé à cette pratique. L'intérêt économique reste, lui, plus  
341 controversé. D'un côté, les conducteurs de travaux font largement le lien entre ces pratiques et une  
342 amélioration de l'image de l'entreprise, et donc y associent des effets économiques indirects, puisque cela peut  
343 rapidement devenir un critère de distinction dans les appels d'offres de clients en demande de performances  
344 environnementales toujours plus affirmées concernant toutes les facettes de la construction des bâtiments. De  
345 l'autre, seuls 31% des conducteurs de travaux attendent un gain économique du tri sur site, montrant la  
346 nécessité de démontrer la viabilité économique de ces pratiques.

347



348 Figure 4 Perception des avantages du tri sur site pour les directeurs de chantiers

349

### 350 3.2. Est-ce que le tri sur site est économiquement viable ?

351 A partir de ces résultats auprès des responsables travaux de l'entreprise, une étude économique a été menée  
352 pour évaluer l'intérêt économique de la pratique du tri sur site à la lumière des prix de marché actuels et des  
353 pratiques constatées. Trois entreprises de tri, avec différents prix et situés dans des zones différentes d'Île de  
354 France, ont été comparées autour de deux scénarios sur un même site de construction de l'entreprise (Cf.  
355 Paragraphe 2.2).

356 A l'origine, nous avons intégré les coûts de transports. Ils sont identiques pour chaque benne, que le contenu  
357 de celui-ci soit trié ou non, et se monte à environ 100€ par benne. L'hypothèse de départ était que le tri sur site  
358 allait se traduire par une petite augmentation des rotations pour la collecte des bennes, ce qui aurait des effets  
359 marginaux sur les coûts totaux. Les résultats des premières expérimentations ont été surprenants, puisqu'ils  
360 montraient des résultats imprévus, avec moins de rotations, car le tri avait permis d'avoir des bennes mieux  
361 remplies, de façon plus ordonnée, et les déchets triés étant ainsi mis de manière plus compacte que dans les  
362 bennes où les déchets étaient mélangés. Il faudrait de plus amples recherches pour confirmer ce fait qui ferait  
363 que le tri conduirait *in fine* à une baisse des rotations pour collecter les bennes. Cela rendrait alors le tri sur site  
364 potentiellement encore plus intéressant économiquement. Pour autant, en l'absence de point de contrôle sur  
365 le sujet, il a été décidé de ne pas inclure les coûts de transports dans le modèle.

366 Le premier scénario (tableau 1) correspond à un scénario sans tri, et le second à un tri du bois et des déchets  
367 inertes (tableau 2). Pour 90 tonnes de déchets, les hypothèses suivantes ont été faites : nous avons considéré  
368 la moyenne annuelle de la caractérisation d'une benne, qui est composée de 50% d'inertes, de 20% de bois, et  
369 de 30% de déchets industriels banals (DIB) (plastiques, emballages, plâtre, etc.). Pour les deux scénarios, les  
370 coûts de traitement de trois prestataires de déchets différents ont été utilisés. Ces prestataires sont des  
371 entreprises de taille petite à moyenne situés en Île-de-France. Les coûts présentés sont ceux négociés en  
372 contrat avec l'entreprise de construction dans laquelle l'étude a été menée pour l'année 2020.

373

374

375

376 **Tableau 1 – Scénario 1 : pas de tri**

377 Les 90 tonnes de déchets sont considérées comme des déchets industriels banals (DIB).

	Entreprise 1		Entreprise 2		Entreprise 3	
<b>Prix des DIB</b>	<b>98€/t</b>	<b>8.820€</b>	<b>98€/t</b>	<b>8.820€</b>	<b>98€/t</b>	<b>8.820€</b>

378

379 **Tableau 2 – Scénario 2 : tri du bois et des inertes**

380 Répartition des 90 tonnes de déchets : 45 t d'inertes, 27 t de DIB et 18 t de bois

	Entreprise 1		Entreprise 2		Entreprise 3	
<b>Prix des DIB (27t)</b>	<b>98€/t</b>	<b>2.646€</b>	<b>98€/t</b>	<b>2.646€</b>	<b>98€/t</b>	<b>2.646€</b>
<b>Prix des inertes (45t)</b>	<b>20€/t</b>	<b>900€</b>	<b>16€/t</b>	<b>720€</b>	<b>17€/t</b>	<b>765€</b>
<b>Prix du bois (18t)</b>	<b>68€/t</b>	<b>1.224€</b>	<b>66€/t</b>	<b>1.188€</b>	<b>80€/t</b>	<b>1.440€</b>
<b>Prix total</b>	<b>4.770€</b>		<b>4.554€</b>		<b>4.851€</b>	
<b>Gain en % par rapport au scénario 1</b>	<b>46%</b>		<b>48%</b>		<b>45%</b>	

381 Le résultat de cette simulation permet d'observer que le tri des déchets permet une réduction des coûts des  
382 bennes de 45 à 48% dans les trois entreprises. Si on regarde uniquement les coûts de traitement du déchet, en  
383 faisant l'hypothèse qu'il n'y a pas de « déclassement » de benne, le tri sur site est économiquement tout à fait  
384 avantageux. Le déclassement intervient quand la benne est censée être correctement triée mais que d'autres  
385 types de déchets se trouvent dans la benne, ce qui oblige les prestataires de déchets à re-trier la benne  
386 déclassée, générant une augmentation du prix : alors, le prix appliqué n'est pas le prix bas d'évacuation des  
387 déchets triés mais le prix bien plus élevé d'enlèvement des déchets mélangés. Il est essentiel de prendre cet  
388 élément de déclassement en considération, car il s'agit là d'un des puissants éléments qui structurent la  
389 décision de tri et découragent les personnels chargés de l'encadrement du chantier.

390

391 **3.3. L'épreuve de la mise en place du tri sur deux chantiers**



392 Cette simulation économique simple a été mise à l'épreuve de deux cas réels où les pratiques de tri sur site ont  
393 été mises en place pendant trois mois. Par ce biais, il était possible de tester en conditions réelles la viabilité  
394 économique de ces pratiques. Sur le site 1, comme de nombreuses bennes ont été « déclassées », aucun  
395 bénéfice économique n'a été perçu par les responsables du chantier. Le site a connu d'importantes difficultés à  
396 trier les déchets de manière adéquate, notamment les déchets inertes. Cela a été amplifié par l'intérêt limité et  
397 la faible motivation pour le tri exprimés par l'équipe supervisant le chantier. Pour faire face à cet enjeu, des  
398 réunions courtes (15 minutes) sur les enjeux environnementaux ont été organisées sur le chantier toutes les  
399 deux semaines pour rappeler les principes de la tâche aux nouveaux sous-traitants et aux personnes  
400 permanentes de l'entreprise. Les pancartes indicatives installées devant les bennes ont été modifiées, avec de  
401 nouvelles images et un vocabulaire plus spécifique. Malgré ces efforts, le tri ne s'est que faiblement amélioré.  
402 Un chiffre l'illustre : le niveau de tri (masse de déchets triés/ masse totale de déchets) est passé seulement de  
403 21 à 25% en trois mois. Cela confirme à la fois combien les pratiques de tri sont loin d'être une évidence et que  
404 ce tri sur site est une illustration d'un travail sociotechnique qui requiert une attention particulière pour être  
405 saisi dans sa diversité souvent « désordonnée ».

406 La situation a été sensiblement différente dans le site 2, puisque le tri a été parfaitement pris en main dès le  
407 début, permettant d'atteindre un taux de tri de 95% le 3<sup>ème</sup> mois, qui s'explique aussi par une importante  
408 production de déchets inertes. L'équipe supervisant le chantier ainsi que l'ensemble des ouvriers ont été  
409 motivés et motivés pour faciliter la mise en place du tri sur site. Un membre de l'équipe gérant le chantier a  
410 été désigné comme superviseur du tri, permettant d'avoir une personne dédiée à cette tâche. Si cette  
411 personne a pu réaliser la moitié du travail de tri au début, la situation a évolué avec le temps, jusqu'à atteindre  
412 une participation plus distribuée dans l'effort de tri. Cela a abouti à un gain économique de 40% pour la gestion  
413 des déchets, cohérent avec le modèle économique présenté dans la section précédente.

414 Quelles leçons peut-on tirer de ces deux expérimentations aux résultats variés ? Premièrement, on peut isoler  
415 un enjeu de cadrage et de régulation au niveau du chantier. La pratique du tri sur site a été imposée sur le  
416 premier chantier par les clients. Cette décision considérée comme subie n'étant pas une démarche volontaire  
417 et concertée au sein de l'entreprise, les conducteurs de travaux n'ont pas pris au sérieux dès le début le  
418 manque d'implication des ouvriers du site. A l'inverse, sur le second chantier, l'équipe d'encadrement a décidé  
419 de développer le tri et s'est montrée particulièrement enthousiaste pour la mise en place de la pratique. Plus

420 important encore, elle a dédié un budget à cette tâche, et nommé une personne sur le site pour gérer la  
421 pratique au jour le jour (analysant les besoins, les difficultés, etc.). Dans ce second site, les pratiques de tri  
422 étaient clairement encadrées, monitorées, accompagnées et directement régulées, permettant une  
423 appropriation sociale plus aisée du processus par les personnes travaillant sur le chantier. Cette appropriation a  
424 été d'autant plus difficile sur le premier site que de nombreux sous-traitants sont intervenus sur le site, sans  
425 forcément avoir été formés à ces enjeux.

426 Deuxièmement, il y a peut-être dans ces cas un effet de taille et d'échelle (qui nécessiterait de plus amples  
427 recherches pour être confirmé ou infirmé), car le site connaissant un plus grand succès du tri était plus petit,  
428 nécessitait de ce fait une moins grande force de travail, ce qui permettait d'avoir un management plus  
429 individualisé.

430 Enfin, la phase de construction peut aussi avoir influencé la qualité d'appropriation des processus de tri. Le  
431 premier site était dans une phase de travaux de second œuvre, produisant des déchets avec un grand niveau  
432 de diversité : déchets non dangereux du type PVC, panneaux de bois, palettes de bois, planches de  
433 contreplaqué, parquet, plinthes, plaques de plâtre, dalles de béton, déchets de plomberie, déchets mélangés  
434 (bois avec du PVC, etc.) et déchets dangereux (peinture, mastic, enduits, etc.). Cette forte diversité renforce la  
435 difficulté du tri, puisqu'il est compliqué pour les ouvriers sur le site de reconnaître le type de déchets et de le  
436 trier correctement. De l'autre côté, le second site en était aux travaux de gros œuvre, produisant  
437 principalement le même type de déchets, avec des poutres en bois pour le bois, des treillis soudés pour les  
438 métaux, du béton pour les inertes, et des emballages pour les DIB. Ils sont plus faciles à reconnaître pour les  
439 personnes sur le chantier et, ainsi, plus faciles à trier.

440 Cela permet de voir combien les caractéristiques spécifiques d'un chantier cadrent la mise en place facile ou  
441 non du tri sur le site. Ces caractéristiques sont très dépendantes de décisions prises dans la phase de  
442 conception et d'organisation spatiale du site du chantier, qui dictent la faisabilité et l'appropriation de ces  
443 processus, et la rendent potentiellement bénéfique économiquement et environnementalement. Lancer ce  
444 type de démarche au début d'un projet de construction, dans la phase des travaux de structures, quand la  
445 diversité des déchets est faible et les sous-traitants peu nombreux pourrait certainement faciliter le processus.  
446 Il est également, dans ce contexte, particulièrement important de concevoir un schéma de gestion des déchets  
447 qui inclue supervision, monitoring, régulation au niveau du chantier des pratiques pour favoriser

448 l'appropriation du tri sur site, l'adapter à la diversité des tailles de site, aux restrictions spatiales, au nombre de  
449 personnes travaillant sur le site et aux volumes de déchets produits.

450

#### 451 4. Conclusions

452 Actuellement, il n'y a pas de réelle obligation pour les entreprises de la construction qui conduirait à imposer le  
453 tri sur site sur leurs chantiers, ni de certification associée ou de régulation environnementale spécifique sur le  
454 sujet. La pratique, bien que reconnue comme environnementalement pertinente, a longtemps été considérée  
455 comme coûteuse et consommatrice de temps par de nombreux acteurs de la construction, ce qui explique sa  
456 relativement faible diffusion en France comme ailleurs dans le monde. Cette recherche documente avec des  
457 données primaires la réalité de ces pratiques souvent encore embryonnaires de tri sur les chantiers, même  
458 quand certaines sont légalement obligatoires. Pourtant, elle démontre aussi qu'associer tri sur site et  
459 désavantage économique est à la fois une idée reçue et une idée fausse.

460 Cette situation concernant le tri sur site est cependant amenée à être bousculée par de récents changements,  
461 en particulier du fait de deux mesures issues de la loi AGEC (loi anti-gaspillage pour une économie circulaire),  
462 qui ont été précisées par décret (n°2020-1817) fin 2020. Ces dernières (en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 2021) vont  
463 fortement bouleverser l'organisation des professionnels du bâtiment en les obligeant théoriquement

- 464 - à quantifier les déchets produits sur chaque chantier ;
- 465 - à préciser les modalités de collecte et de gestion de ces déchets (en particulier l'effort de tri *in situ*)
- 466 - à prévoir techniquement et financièrement le ou les point(s) de collecte de dépôts des déchets issus  
467 du chantier.

468 Si ces mesures sont appliquées de manière stricte, les entreprises gérant les chantiers, pour ne pas être trop  
469 lourdement impactés économiquement, seront ainsi fortement incitées à mettre en place le tri à la source  
470 directement sur leur site.

471 Cependant, comme notre travail d'enquête l'a montré, le facteur économique n'est pas, pour l'instant, le  
472 facteur de transformation principal aux yeux des chefs de chantiers. La mise en place de ces techniques  
473 nouvelles, comme tout changement sociotechnique, est sujette à des frictions, des tensions, des va et vient.  
474 Pour en saisir la complexité, cela nécessite de prêter une attention particulière au caractère situé des sites de  
475 construction, et donc aux pratiques qui caractérisent leur fonctionnement. Plutôt que de regarder la

476 construction de la réglementation et ses implications potentielles, l'entrée par les pratiques permet de  
477 regarder la mise en acte de cette réglementation, et ses potentiels détournements. Les bénéfices économiques  
478 de ces pratiques reposent sur une fragile combinaison entre des techniques humaines et des décisions de  
479 management. Certains moments et pratiques apparaissent particulièrement décisifs dans ce schéma, comme le  
480 monitoring du tri sur site, afin de restreindre la possibilité de voir des bennes dégradées.

481 Au final, il ne faut pas considérer la mise en place du tri sur site comme l'unique solution pour améliorer  
482 l'empreinte matérielle du secteur de la construction et favoriser une économie plus-circulaire. Les questions  
483 de réemploi et/ou de recyclage de matériaux venant de la démolition de sites de construction offrent d'autres  
484 possibilités complémentaires pour réintégrer des matériaux directement dans l'économie productive et faire  
485 baisser la production de déchets. Le tri sur site nécessitera d'être fortement articulé à de l'écoconception et à  
486 un usage plus frugal des ressources matérielles pour rendre la construction profondément plus durable et  
487 capable de remplir le projet d'une économie authentiquement « perma-circulaire » (Arnsperger et Bourg,  
488 2017).

489

## 490 Références bibliographiques

491 ADEME (2020). *Les déchets, chiffres-clés*, rapport annuel, Paris, 80p. ISSN : 2425-3588.

492 T. Ann, C.S. Poon, A. Wong, R. Yip & L. Jaillon (2013). Impact of construction waste disposal charging scheme on  
493 work practices at construction sites in Hong Kong. *Waste Management*, **33** (1), 138-146.  
494 [10.1016/j.wasman.2012.09.023](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.023)

495 C. Arnsperger & D. Bourg (2017). *Ecologie intégrale. Pour une société permacirculaire*, Paris, PUF.

496 V. Augiseau (2019). Utiliser les ressources secondaires de matériaux de construction : contraintes et pistes  
497 d'action pour des politiques territoriales. *Flux*, **116-117(2-3)**, 26-41. [10.3917/flux1.116.0026](https://doi.org/10.3917/flux1.116.0026)

498 V. Augiseau & S. Barles (2017). Studying construction materials flows and stock: A review. *Resources,*  
499 *Conservation and Recycling*, 123, 153-164. [10.1016/j.resconrec.2016.09.002](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.002)

500 Bellastock, Albert & Compagnie, Auxilia, Recovering, Le Phares, CSTB, Encore Heureux Architectes, Halage &  
501 BTP Consultants (2018). *Bilan technique et stratégique. An 1 de la phase opérationnelle du projet Métabolisme*  
502 *urbain. 2017-2018*, Rapport d'étude pour le compte de Plaine Commune, ADEME, Groupe CDC, Région Île-de-  
503 France.

504 CERC Île-de-France (2013). *Production des déchets de chantiers en Île-de-France et études connexes*, Rapport  
505 d'étude pour le compte du Conseil régional Île-de-France.

506 I.M. Chethana, S. Illankoon & W. Lu (2020). Cost implications of obtaining construction waste management-  
507 related credits in green building. *Waste Management*, **102**, 722-731. [10.1016/j.wasman.2019.11.024](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.11.024)

508 FFB (Fédération Française du Bâtiment (2019). *Etude de scénarii pour la mise en place d'une organisation*  
509 *permettant une gestion efficace des déchets du bâtiment dans le cadre d'une économie circulaire*, Paris,  
510 rapport, 44p.

511 B.C. Guerra, F. Leite, K.M. Faust (2020). 4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning:  
512 Case studies on concrete and drywall waste streams. *Waste Management*, **116**, 79-90.  
513 [10.1016/j.wasman.2020.07.035](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.035)

514 M. F. Hasmori, A.F.M. Zin, S. Nagapan, R. Deraman, N. Abas, R. Yunus & M. Klufallah (2020). The on-site waste  
515 minimization practices for construction waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 713.  
516 [10.1088/1757-899X/713/1/012038](https://doi.org/10.1088/1757-899X/713/1/012038)

517 M.U. Hossain, Z. Wu & C.S. Poon (2017). Comparative environmental evaluation of construction waste  
518 management through different waste sorting systems in Hong Kong. *Waste Management*, **69**, 325-335.  
519 [10.1016/j.wasman.2017.07.043](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.043)

520 B. Huang, X. Wang, H. Kua, Y. Geng, R. Bleischwitz & J. Ren (2018). Construction and demolition waste  
521 management in China through the 3R principle. *Resources, Conservation, Recycling*, **129**, 36–44.  
522 [10.1016/j.resconrec.2017.09.029](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.029)

523 X. P. Kang, J.W. Wang & V.W.Y. Tam (2006). On-site sorting of construction waste in mainland China, a survey  
524 made in Shenzhen. *The CRIOCM2006 International Symposium on "Advancement of Construction Management*  
525 *and Real Estate"*.

526 W. Lu & H. Yuan (2011). A framework for understanding waste management studies in construction. *Waste*  
527 *Management*, **31**, 1252-1260. [10.1016/j.wasman.2011.01.018](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.018)

528 W. Lu & H. Yuan (2012). Off-site sorting of construction waste: What can we learn from Hong Kong?  
529 *Ressources, Conservation and Recycling*, **69**, 100-108. [10.1016/j.resconrec.2012.09.007](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.09.007)

530 M. Ma, V.W.Y. Tam, K.N. Le & W. Li (2020). Challenges in current construction and demolition waste recycling:  
531 A China study. *Waste Management*, **118**, 610-625. [10.1016/j.wasman.2020.09.030](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.030)

532 M. Marrero & A. Ramirez-De-Arellano (2010). The building cost system in Andalusia: Application to  
533 construction and demolition waste management. *Construction Management Economics*, **28** (5), 495–507.  
534 [10.1080/01446191003735500](https://doi.org/10.1080/01446191003735500)

535 L.M.F. Maués, B.M. Oliveira do Nascimento, W. Lu & F. Xue (2020). Estimating construction waste generation in  
536 residential buildings: A fuzzy set theory approach in the Brazilian Amazon. *Journal of Cleaner Production*, **265**,  
537 121779. [10.1016/j.jclepro.2020.121779](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121779)

538 T. Moss (2014). Socio-technical Change and the Politics of Urban Infrastructure: Managing Energy in Berlin  
539 between Dictatorship and Democracy. *Urban Studies*, **51**(7), 1432–144. [10.1177/0042098013500086](https://doi.org/10.1177/0042098013500086)

540 H.H. Ngoc, T. Ishigaki, R. Kubota, T.K. Tong, T.T. Nguyen, H.G. Nguyen, M. Yamada & K. Kawamoto (2020).  
541 Waste generation, composition, and handling in building-related construction and demolition in Hanoi,  
542 Vietnam. *Waste Management*, **117**, 32-41. [10.1016/j.wasman.2020.08.006](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.006)

543 C.S. Poon, T.W. Ann TW & L.H.N. Yu (2001). On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong.  
544 *Resources, Conservation and Recycling*, **32**, 157–172. [10.1016/S0921-3449\(01\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(01)00052-0)

545 C.S. Poon, A.T.W. Yu, A. Wong & R. Yip (2013). Quantifying the impact of construction waste charging scheme  
546 on construction waste management in Hong Kong. *Journal of Construction, Engineering Management*, **139** (5),  
547 466–479. [10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000631](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000631)

- 548 R. Rameezdeen, N. Chileshe, M.R. Hosseini & S. Lehmann (2015). A qualitative examination of major barriers in  
549 implementation of reverse logistics within the South Australian construction sector. *International Journal of*  
550 *Construction Management*, **16**(3), 185-196. [10.1080/15623599.2015.1110275](https://doi.org/10.1080/15623599.2015.1110275)
- 551 J.Y. Wang, H. Yuan, X.P. Kang & W. Lu (2010). Critical success factors for on-site sorting of construction waste: a  
552 China study. *Resources, Conservation and Recycling*, **54** (11), 931–936. [10.1016/j.resconrec.2010.01.012](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.01.012)
- 553 I.D. Williams, T. Curran, E. den Boer, A. Pertl, D. Lock, A. Kent & P. Wilding (2014). Resource efficiency networks  
554 in the construction of new buildings. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource*  
555 *Management*, **167**(4), 139-152. [10.1680/warm.13.00030](https://doi.org/10.1680/warm.13.00030)
- 556 B. Yang, X. Song, H. Yuan & J. Zuo (2020). A model for investigating construction workers' waste reduction  
557 behaviors. *Journal of Cleaner Production*, **265**, 121841. [10.1016/j.jclepro.2020.121841](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121841)
- 558 H. Yuan, L. Shen (2011). Trend of the research on construction and demolition waste management. *Waste*  
559 *Management*, **31**, 670-679. [10.1016/j.wasman.2010.10.030](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.10.030)
- 560 H. Yuan, W. Lu & J.J.L. Hao (2013). The evolution of construction waste sorting on-site. *Renewable and*  
561 *Sustainable Energy Reviews*, **20**, 483-490. [10.1016/j.rser.2012.12.012](https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.012)