



HAL
open science

La gestion des déchets lors de catastrophes naturelles Organisation, désorganisation, réorganisation du système et des filières

Gaïa Marchesini

► **To cite this version:**

Gaïa Marchesini. La gestion des déchets lors de catastrophes naturelles Organisation, désorganisation, réorganisation du système et des filières. Architecture, aménagement de l'espace. Université Gustave Eiffel, 2024. Français. NNT : . tel-04488506

HAL Id: tel-04488506

<https://hal.science/tel-04488506v1>

Submitted on 4 Mar 2024

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.

Thèse présentée pour l'obtention du titre de
Docteur en Aménagement et Urbanisme de l'Université Paris-Est

Spécialité : Génie Urbain

La gestion des déchets lors de catastrophes naturelles

Organisation, désorganisation, réorganisation du système et des filiales

Gaïa MARCHESINI

Thèse encadrée par Bruno BARROCA et Hélène BERAUD

Soutenue le 22 janvier 2024

Jury :

Bruno Barroca

Hélène Beraud

Mathieu Durand

Corinne Larrue

Damienne Provitolo

Freddy Vinet

Professeur

Maitresse de conférence

Maitre de conférence

Professeure émérite

Professeure

Professeur

Directeur de thèse

Co-encadrante de thèse

Examineur

Présidente du jury

Rapportrice

Rapporteur

Résumé

Le système de gestion des déchets se réorganise lors des événements exceptionnels pour répondre à l'évolution des contraintes en lien avec l'évolution des quantités et types de déchets, le mélange des déchets et les interdépendances avec les autres systèmes techniques urbains (coupure des routes, encombrement des réseaux, etc.). De nombreux acteurs, notamment de la gestion de crise, voient alors évoluer leurs implications dans la gestion des déchets post-catastrophe.

Cette thèse s'intéresse à ces aspects de l'après événement et de la gestion des déchets autour de la question suivante : comment le système et les filières de gestion des déchets se transforment face à des contraintes extérieures fortes, comme celles produites par une catastrophe naturelle ?

Pour cela, la recherche doctorale utilise et spécifie une méthode inspirée de l'analyse fonctionnelle. Elle enrichit les études classiques, qui structurent en deux temps – « analyse fonctionnelle » et « analyse dysfonctionnelle » - l'étude du système, en proposant de décliner six temporalités qui font écho à la gestion des risques naturels : le système fonctionnel, la pré-catastrophe, la survenue de l'aléa, la phase d'urgence, le relèvement et le recouvrement. L'analyse fonctionnelle est également couplée à une analyse filière : les filières de gestion des déchets sont paramétrées dans le système pour permettre de suivre leur évolution.

La méthode conçue dans la thèse a été appliquée pour analyser la gestion des déchets dans la vallée de la Roya après la tempête Alex en octobre 2020. Malgré les difficultés relatives à la pandémie de Covid-19, cette phase d'application a donné lieu à deux déplacements terrains (respectivement d'un mois et d'une semaine) qui ont pu être réalisés en 2021 et complétés par des entretiens à distance.

Les résultats obtenus montrent d'abord une désactivation ou une suractivation des filières existantes. Ils montrent également que l'hypothèse de considérer de nouvelles filières, ou tout du moins des « pseudo-filières », paraît raisonnable : une filière générale « déchets post-catastrophe » ou encore des filières déchets verts post-catastrophe, etc. Toutefois, la thèse questionne la pertinence en termes de préparation et de planification de la mise en place de telles filières, notamment vis-à-vis de l'incertitude de leur activation et de la disponibilité de

moyens humains, techniques et financiers pour les mettre en place. La possibilité de replacer la gestion des déchets comme une activité d'importance vitale est une alternative qui paraît également intéressante. Elle pourrait induire d'autres aspects sur la responsabilisation des acteurs de la gestion des déchets, la conservation des filières existantes même après une catastrophe, et l'intégration du système de gestion des déchets dans la culture commune de la gestion de crise en lien avec les autres activités d'importance vitale, dont les autres systèmes sociotechniques urbains (énergie, transport, télécommunication, eau et assainissement).

Mots clés : déchets ; catastrophes naturelles ; déchets post-catastrophe ; gestion de crise ; analyse fonctionnelle ; approche systémique ; système sociotechnique urbain

Abstract

The waste management system reorganises during exceptional events to address new constraints linked both to the sudden shift in the quantities, types and mixes of waste, and to the interdependencies with other urban technical systems (road cutting, network congestion, etc.). The involvement in waste management of many stakeholders, particularly from emergency management, evolves.

This thesis focuses on these aspects of post-event and waste management around the following question: how do the waste management system and chains transform in the face of strong external constraints, such as those produced by a natural disaster?

Doctoral research uses and specifies a method inspired by functional analysis. It enriches classic studies, which structure the study of the system in two stages – “functional analysis” and “dysfunctional analysis”, by proposing to break down the analysis into six temporalities from natural risk management: the functional system, the pre-disaster, the occurrence of the hazard, the emergency phase, rehabilitation and recovery. The functional analysis is coupled with a chain analysis: the waste management chains are configured in the system to enable the monitoring of their evolution.

The method is applied to analyse waste management in the Roya Valley (South France) after Storm Alex in October 2020. Despite the difficulties related to the Covid-19 pandemic, this application phase extended into two field trips (which respectively lasted for a month and a week) which were carried out in 2021 and supplemented by remote interviews.

The results show first the deactivation and overactivation of the existing chains. They also show that the hypothesis of considering new waste chains, or at least “pseudo-chains”, such as a general “disaster waste” chain or even a green disaster waste chain seems reasonable. However, the thesis questions the relevance in terms of preparation and planning of the establishment of such chains, particularly with the uncertainty of their activation and the availability of human, technical and financial means to implement them. Another alternative seems interesting: the possibility of considering waste management as a critical infrastructure (called “activity of vital importance” in France). This qualification could help bring clarity over the responsibilities of waste management stakeholders, and promote the conservation of

existing chains even after a disaster. In addition, it might foster the integration of the waste management system into the common culture of crisis management shared between other critical activities, including other urban sociotechnical networks (energy, transport, telecommunications, water and sanitation).

Key words: waste; disaster waste; natural disaster; emergency management; functional analysis; systemic approach; sociotechnical urban system

Avant-propos

Note pour la lecture

Le présent manuscrit est écrit en suivant les règles d'orthographe présentées dans le guide *Aide pratique à l'usage du langage égalitaire à l'Université Gustave Eiffel*, produit par la mission égalité de l'université Gustave Eiffel, consultable sur le lien suivant :

https://mission-egalite.univ-gustave-eiffel.fr/fileadmin/contributeurs/Mission-egalite/Guide_langage_egalitaire_07_10_2021.pdf.

Sont notamment utilisés lorsque nécessaire :

- L'accord de proximité. Exemples : *une chaise et un tabouret verts ; un tabouret et une chaise vertes ; un ou une chercheuse.*
- La forme simplifiée du point médian (« *un seul point médian entre la forme première et la terminaison de l'autre genre avec la marque éventuelle du pluriel* », p. 8 du guide).
Exemple : *étudiant·es.*

Par convention, les noms « acteurs », comme partie prenante, et « agent », comme composant du système, sont au masculin universel. Exemples : *l'entreprise est un acteur local important ; les déchetteries sont des agents de collecte du système de gestion des déchets.*

Remerciements

Ayant commencé ma thèse en pleine crise du Covid, j'ai rapidement constaté qu'un travail serait bien ennuyeux et bien difficile à tenir sans lien social. De plus, si une thèse n'est pas à proprement parler une production collective, elle se nourrit d'un ensemble important d'échanges. Je tiens donc ici à remercier un certain nombre de personnes sans qui le résultat aurait probablement été bien différent.

Tout d'abord, un grand merci à ma direction de thèse : merci de m'avoir fait confiance et accueillie pour mon stage de fin d'étude, après deux mails et un zoom à contrejour, et d'avoir signé après ça pour trois ans (et un mois) supplémentaires. Merci Bruno pour tes prises de recul, tes questions qui ne répondaient pas à mes questions et me retournaient le cerveau, et tes visions à trois coups d'avance : avais-tu tout prévu quand tu m'as donné le cours d'analyse fonctionnelle des L3 alors que je n'avais jamais entendu parlé de cela ? Merci aussi pour ton soutien dans les affres administratives de l'université. Merci Hélène pour ta présence quotidienne, tes relectures et tes commentaires détaillés, tes réponses à mes questions (toutes mes questions, du « mais comment on note les travaux des étudiant·es ? » à « mais là, cette flèche sur mon schéma, est-ce qu'il ne faudrait pas la changer de sens, la mettre en pointillés, et lui faire faire un triple looping ? »), et de m'avoir convaincue de faire mieux quand j'avais décidé que c'était bien suffisant comme ça.

Merci à Corinne Larrue, Damienne Provitolo et Freddy Vinet pour leur participation à mon jury de thèse. Merci à Mathieu Durand, également membre de mon comité de suivi, pour ses retours et d'avoir pensé à m'inviter à quelques évènements déchets.

Merci également aux autres membres de mon comité de suivi : Marcus Zepf, et en particulier Arthur de Cazenove de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur d'avoir accepté avec enthousiasme la collaboration proposée, d'avoir partagé avec moi les réflexions de la Région sur les déchets post-catastrophe et de m'avoir introduite auprès d'un certain nombre d'acteurs. Merci aussi à Olivier Gairaldi pour le partage de ses connaissances terrains. Merci à Marion Serre et Gabriele Salvia pour l'organisation de l'atelier à Breil-sur-Roya et à toutes les participant.es pour leur (excellente) compagnie.

Merci à toutes les personnes qui ont accepté des entretiens, même lorsqu'elles se demandaient pourquoi elles auraient des choses à dire sur les déchets post-catastrophe ou qui ont dû, parfois, se replonger dans des souvenirs pas toujours faciles.

Un grand merci à l'équipe du Génie Urbain pour leur accueil et pour faire de Lavoisier un lieu où il fait bon se rendre même quand il fait 45° : Flavie, Gilles, Katia, Denis, Estelle, Ophélie, Zaina, Margot, Jennifer, Joël et Stéphanie. Merci Aminata pour ta joie de vivre qui égaye nos journées. Et bien sûr, merci à mes collègues de galère : Zhuyu, partager ton bureau aura été le highlight de ces trois années. Merci de m'avoir nourrie de trucs chelous, d'avoir partagé tes ruses pour capter Bruno, de m'avoir prêté ta bouillotte dans les moments difficiles et fait découvrir Blackpink. Merci Angela d'être à peu près la personne la plus gentille que j'ai rencontrée et de tout prendre trop à cœur : tes histoires nous divertissent et nous entraînent au quotidien. Merci Julie (toujours GU dans nos cœurs) d'avoir écouté mes questionnements existentiels sur la thèse et assimilés avec enthousiasme, et suivi les égarements de mes schémas. Merci Fanny d'avoir débarqué pour apporter un peu de sérénité parmi ces grandes stressées, toute seule j'aurais fini par craquer moi aussi ! Merci Serhat pour les baklavas et les tips informatiques. Merci Mathilde et Fabrizia d'avoir montré la voie. Merci Louis (pas vraiment GU mais presque maintenant) d'avoir accepté la lourde tâche de prendre deux postes dans le bureau Passerelle. Et puis merci aux autres doctorant-es du Lab'Urba d'avoir répondu présent-es : Julien, Adrien, Mikaël, Capucine, Jeanne, Alice, Lucas, César, Sophie... et Carolina pour les sessions d'écriture chez moi. Temporairement au labo, merci Solène pour ta compagnie en séminaire.

Merci aussi à Virginie Jan et Sabine Hermenault pour le soutien administratif, ainsi qu'à Sonia Dukic de l'EDVTT. Merci aux organisatrices de Sciences en bulles pour l'expérience, et en particulier à Soizick et Claire pour le suivi de l'évènement.

Merci à mes supers colocs et assimilés : Goutal pour nos longues discussions de thésard-es (parfois) perdu-es, tu as su me redonner fois en la recherche et en mes travaux, courage toi aussi c'est bientôt fini ! ; Camille pour nos plus de cinq années de vie commune, je ne serais pas là aujourd'hui sans nos questionnements et notre cheminement de vie partagés ; Loïc, premier squatteur, pour tes réflexions toujours intéressantes (et tes histoires abracadabrantes mais ça n'a rien à voir avec la thèse) et de m'encourager à faire ce que j'aime comme je l'entends ; Julien d'avoir accepté d'intervenir dans mon cours et m'avoir partagé

ton savoir sur le réseau électrique (et d'avoir nettoyé la chasse d'eau mais là non plus ça n'a rien à voir).

Merci à la pipo, et en particulier à Eliot, de toujours répondre présente quand le besoin de prendre un verre se fait sentir et de répondre à mes questions sur le BTP. Merci aux cousin-es niçois-es pour le repas.

Merci aux pingouins de faire des détours pendant nos vacances pour que j'aie vu des ruines. Merci Solène d'avoir fait des kilomètres (et encore plus de kilomètres que prévus) pour venir me tenir compagnie quand j'étais seule dans la Roya avec mon entorse à la cheville ; merci Hugo pour toutes ces années de scolarité ensemble ; merci Valval de réagir à tous mes messages et Vahagn de daigner les lire des fois ; merci Margot de m'avoir embarquée dans des folles aventures pendant nos vacances et de m'avoir partagé ton goût pour la rencontre avec des inconnues, sans ça j'aurais probablement eu du mal à faire des entretiens.

Merci à mes parents de m'avoir toujours soutenue, d'avoir été (avec mon frère) mes colocs, co-bureau, etc. pendant le deuxième confinement au début de ma thèse, d'être aussi venus me tenir compagnie quand j'étais seule dans la Roya avec mon entorse à la cheville et de m'avoir de nouveau nourrie et logée quand j'ai eu besoin de quitter Paris pour écrire. Merci Océ d'avoir été un modèle d'indépendance et de pugnacité (et de style mais encore une fois ça n'a rien à voir avec la thèse).

Et un IMMENSE MERCI à mon équipe de relecture sollicitée un peu au dernier moment mais qui ne m'a pas lâchée : Margot, Loïc, Julien, Valentin, Hugo, mes parents, Fanny, Julie.

Sommaire

Résumé.....	2
Abstract.....	4
Avant-propos.....	6
Remerciements.....	8
Sommaire.....	12
Table des figures.....	18
Table des tableaux.....	22
Liste des annexes.....	24
Glossaire des principaux sigles utilisés.....	26
Introduction générale.....	30
Contexte.....	30
Problématique et objectifs de la recherche.....	31
Limites des travaux : types de déchets et de catastrophes.....	33
Démarche méthodologique.....	35
Approche générale.....	35
Collecte empirique de données : présentation des entretiens réalisés.....	36
Analyse des matériaux : utilisation d'une approche systémique.....	40
Structure du mémoire.....	42
Chapitre 1 : Enjeux et organisation de la gestion des déchets post-catastrophe.....	44
Sommaire.....	44
Introduction du chapitre 1.....	46
1.1. Déchets et catastrophes naturelles.....	47
1.1.1. Définitions : de la catastrophe aux déchets post-catastrophe.....	47
1.1.2. Adaptation et résilience des réseaux techniques.....	56
1.1.3. Organisation de la gestion des catastrophes.....	60
1.2. Les déchets post-catastrophe.....	67
1.2.1. Les déchets post-catastrophe, un domaine d'étude peu structuré.....	67
1.2.2. Organisation et acteurs de la gestion des déchets post-catastrophe.....	74
Conclusion du chapitre 1.....	84

Chapitre 2 : Construction et organisation des filières de gestion des déchets	86
Sommaire.....	86
Introduction du chapitre 2.....	88
2.1. La notion de filière pour les systèmes productifs	89
2.1.1. Historiques de la notion de filières en sciences économiques et de gestion	89
2.1.2. Définitions et caractéristiques d'une filière	92
2.1.3. Apports de la notion de filière dans l'analyse des systèmes productifs.....	97
2.1.4. Synthèse	100
2.2. Les filières de gestion des déchets	100
2.2.1. Naissance du déchet urbain et structuration de la gestion	100
2.2.2. Utilisation du terme filière	104
2.2.3. Proposition de caractérisation des filières.....	114
2.3. De l'intérêt d'étudier le système de gestion des déchets à travers la filière.....	118
2.3.1. Le service de gestion des déchets, un système sociotechnique urbain	118
2.3.2. L'intérêt de la filière pour notre étude	122
2.3.3. La filière dans le système : les filières comme sous-systèmes ?.....	125
Conclusion du chapitre 2	131
Chapitre 3 : Elaboration d'une méthode d'analyse de l'évolution du système de gestion des déchets en situation de post-catastrophe	132
Sommaire.....	132
Introduction du chapitre 3.....	134
3.1. Besoins scientifiques et opérationnels de la méthode	135
3.1.1. Une faible connaissance des interdépendances entre le système de gestion des déchets et les autres systèmes urbains	135
3.1.2. Faire le lien entre système de gestion des déchets et la gestion de la catastrophe	141
3.1.3. Principaux éléments à prendre en compte pour le développement de la méthode d'analyse.....	144
3.2. Méthodes existantes disponibles pour analyser le système de gestion des déchets en post-catastrophe	145
3.2.1. Etats des lieux des méthodes utilisées dans les travaux sur la gestion des déchets post-catastrophe	145

3.2.2.	La Sûreté de fonctionnement : des méthodes éprouvées pour l'analyse des systèmes urbains.....	152
3.2.3.	Proposition de méthode : « analyse des réorganisations et de leurs effets sur les filières » (AREF).....	159
3.3.	Préfiguration de la démarche méthodologique	161
3.3.1.	La filière dans le système	161
3.3.2.	Définition du système et granulométrie	165
3.3.3.	Adaptation du tableau d'analyse fonctionnelle et d'AMDE	169
	Conclusion du chapitre 3	170
	Chapitre 4 : Application de la méthode sur un retour d'expérience – cas de la gestion des déchets après la tempête Alex dans la vallée de la Roya	172
	Sommaire.....	172
	Introduction du chapitre 4.....	174
4.1.	Enquête terrain : contexte régional et éléments méthodologiques.....	175
4.1.1.	Contexte : la région Provence-Alpes-Côte d'Azur face aux déchets post-catastrophe	175
4.1.2.	Réalisation de l'enquête terrain, quelques éléments méthodologiques	183
4.2.	Présentation du cas d'étude : les impacts d'un évènement exceptionnel sur un territoire enclavé	186
4.2.1.	La vallée de la Roya : un territoire enclavé peu préparé au risque d'inondation	186
4.2.2.	La tempête Alex : impact d'un phénomène météorologique extrême sur le système de gestion des déchets	192
4.2.3.	Sélection des filières de gestion des déchets les plus impactées	203
4.3.	Analyse systémique de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya après la tempête Alex	206
4.3.1.	Déchets produits par la catastrophe	206
4.3.2.	Déchets de la gestion de crise et de la continuité de service	212
4.3.3.	Premiers résultats : des nouveaux déchets aux nouveaux acteurs	218
	Conclusion du chapitre 4	222
	Chapitre 5 : Mettre en place une filière de gestion des déchets post-catastrophe ?	224
	Sommaire.....	224
	Introduction du chapitre 5.....	226

5.1.	Réorganisation des filières existantes	227
5.1.1.	Désactivation et suractivation de filières.....	227
5.1.2.	Suractivation ou nouvelles filières : exemple de la filière des déchets verts ..	235
5.1.3.	Avantages et inconvénients de considérer des nouvelles filières	245
5.2.	Organiser le service de gestion des déchets comme une activité d'importance vitale ?.....	251
5.2.1.	Les activités d'importance vitale.....	251
5.2.2.	Le service de gestion des déchets, une infrastructure d'importance vitale ? .	258
5.2.3.	Quels apports pour la gestion des déchets post-catastrophe ?	268
	Conclusion du chapitre 5	272
	Chapitre 6 : Quelles perspectives pour l'organisation de la gestion des déchets post-catastrophe et sa planification ?	274
	Sommaire.....	274
	Introduction du chapitre 6.....	276
6.1.	Quelle avancée de la planification des déchets post-catastrophe dans le monde ?	277
6.1.1.	Quelles planifications de la gestion des déchets post-catastrophe à l'internationale ?	277
6.1.2.	Etat de la planification des déchets post-catastrophe en France.....	285
6.1.3.	Des difficultés générales pour mettre en place des planifications de la gestion des catastrophes naturelles	289
6.1.4.	Des difficultés spécifiques aux déchets post-catastrophe.....	293
6.2.	Quel processus de planification mettre en place ?	297
6.2.1.	Evaluer les possibilités de planification : couplage des indicateurs de Brown et des temporalités de la gestion de crise	297
6.2.2.	La planification, une responsabilité multi-acteur	299
6.2.3.	Quelles étapes de la planification faut-il prioriser ?	305
6.2.4.	Quelles stratégies pour opérationnaliser la planification ?	312
	Conclusion du chapitre 6	322
	Conclusion générale	324
	Principaux résultats	324
	Apports, limites et perspectives de la recherche	327
	Sur le retour d'expérience	327

Sur les filières	328
Sur l'organisation de la gestion des déchets post-catastrophe.....	328
Sur la méthode AREF.....	330
Annexes	332
Annexe 1 : Tableaux AREF de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya – déchets produits par la catastrophe	334
Annexe 2 : Tableaux AREF de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya – déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité.....	340
Annexe 3 : Quantification des déchets post-tempête Alex.....	346
Annexe 4 : Liste des documents de planification inventoriés.....	350
Bibliographie	354
Table des matières	368

Table des figures

Figure 1 : Synthèse de la démarche méthodologique	36
Figure 2 : Modèle conceptuel de résilience “Behind the Barriers” (Barroca and Serre, 2013)	58
Figure 3 : Lien entre les types de résiliences pour le système déchets (Beraud, 2013)	60
Figure 4 : Schéma de l'organisation des secours (ministère de l'intérieur, 2019).....	61
Figure 5 : Nombre de publications par an sur les déchets post-catastrophe identifiées sur Web of Science	71
Figure 6 : Répartition des domaine de recherche des publications liés à la gestion des déchets post-catastrophe.	71
Figure 7 : Publications portant sur les déchets post-catastrophe sur Web of Science par pays	73
Figure 8 : Réorganisation de la gestion des déchets post-catastrophe (CEREMA, 2019).....	81
Figure 9 : Réorganisation de la gestion des déchets post-Alex (Chochois, 2022)	82
Figure 10 : La filière agroalimentaire (Monfort, 1983).	94
Figure 11 : Les filières REP (Ademe, 2022).....	104
Figure 12 : Schéma des flux de déchets de la filière DEEE, leurs modes de collecte et de traitement	108
Figure 13 : Décomposition du système de gestion des déchets en filières par Hélène Beraud (2013)	111
Figure 14 : Schéma de la filière REP DEEE, flux de déchets (Merot, 2014).....	113
Figure 15 : Diagramme UML d'activités : les acteurs de la R.E.P. (Bahers, 2012).....	113
Figure 16 : Découpage du système de gestion des déchets en filières	127
Figure 17 : Découpage vertical par flux de déchets : filière des déchets verts ménagers.....	128
Figure 18 : Découpage vertical par mode de traitement : filière bois-énergie.	128
Figure 19 : Découpage spatial : filière mondiale de gestion des déchets plastiques ménagers. Filière délimitée d’après (Martin et al., 2021)	129
Figure 20 : Cartographie de l’interdépendance des acteurs et des réseaux techniques urbains (Toubin et al., 2015)	136
Figure 21 : Les acteurs de la gestion des déchets ménagers et assimilés à Port-au-Prince (Durand et al., 2015)	139
Figure 22 : Acteurs de gestion et flux de déchets post-séisme 2010 à Port-au-Prince (Durand et al., 2015).....	140
Figure 23: Relation entre le cycle de gestion de crise et la gestion des déchets post-catastrophe (DMC, 2005, dans (Karunasena et al., 2009)).	143
Figure 24 : System boundary of disaster waste treatment (Tabata et al., 2017)	150
Figure 25 : Disaster waste management system (Wakabayashi et al., 2017).....	150
Figure 26 : Démarche d’analyse de la Sûreté de fonctionnement (Noyes and Pérès, 2007)	153
Figure 27 : Etat de l’art des applications majeures de l’analyse fonctionnelle en génie urbain (mis-à-jour à partir de Gonzva, 2017)	153
Figure 28 : Les étapes de l’analyse fonctionnelle (Beraud, 2012 d’après Peyras, 2003).....	154
Figure 29 : Intérêts d'un modèle fonctionnel et d'un modèle dysfonctionnel de système... 156	
Figure 30 : Le service de gestion des déchets (Beraud, 2013, p. 128).....	157

Figure 31 : Bloc digramme fonctionnel du sous-système "Filière de gestion des déchets x" des flux de déchets (Beraud, 2013, p. 378). Sur fond blanc les composants du système, sur fond gris les composants de l'environnement extérieur.	158
Figure 32 : Bloc diagramme fonctionnel externe du système de gestion des déchets	165
Figure 33 : Séparation en sous-système du système "gestion des déchets"	167
Figure 34 : Installations déchets sur le territoire de la CARF. (CARF, Rapport annuel 2019 sur le prix et la qualité du service public d'élimination des déchets).....	190
Figure 35 : Installations déchets sur le territoire de la MNCA (MNCA, 2020)	192
Figure 36 : Carte pluviométrique du cumul maximal de pluie sur 24 h entre le 1et 3 octobre 2020 (Cerema).....	193
Figure 37 : Carte des principaux impacts dans la vallée de la Roya.....	194
Figure 38 : Dégâts à Saint-Martin de Vésubie, 10 mois après la tempête (photos personnelles, juillet 2021).....	196
Figure 39 : Dégâts à Breil-sur-Roya au lendemain de la tempête. Crédits photos : Patricia Ballandier. Octobre 2020	196
Figure 40 : Après la tempête Alex à Saint-Laurent-du-Var le 4 octobre 2020. (VALERY HACHE / AFP)	197
Figure 41 : Chronologie de la gestion des déchets après la tempête Alex	201
Figure 42 : Légende pour tous les schémas fonctionnels	207
Figure 43 : Bloc-diagramme fonctionnel 1 pour l'étude des déchets produits par la catastrophe. Le système fonctionnel	208
Figure 44 : Bloc-diagramme fonctionnel 2 pour l'étude des déchets produits par la catastrophe. Survenue de l'aléa.	209
Figure 45 : Bloc-diagramme fonctionnel 3 pour l'étude des déchets produits par la catastrophe. Urgence.	210
Figure 46 : Bloc-diagramme fonctionnel 4 pour l'étude des déchets produits par la catastrophe. Relèvement	211
Figure 47 : Bloc-diagramme fonctionnel 5 pour l'étude des déchets produits par la catastrophe. Recouvrement.....	212
Figure 48 : Bloc-diagramme fonctionnel 1 pour l'étude des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Système fonctionnel et recouvrement	214
Figure 49 : Bloc-diagramme fonctionnel 2 pour l'étude des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Survenue de l'aléa	215
Figure 50 : Bloc-diagramme fonctionnel 3 pour l'étude des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Relèvement 1	216
Figure 51 : Bloc-diagramme fonctionnel 4 pour l'étude des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Relèvement 2.	217
Figure 52 : Filière de traitement des déchets ménagers post-catastrophe – Déchets produits par la catastrophe, relèvement.....	234
Figure 53 : Filière de traitement des déchets ménagers post-catastrophe – Déchets de la gestion de crise et de la continuité de service, relèvement 1	235
Figure 54 : Carte des lieux de collecte et de gestion des déchets verts après la tempête Alex	236
Figure 55 : Filière de traitement des déchets verts ménagers – système fonctionnel.....	237

Figure 56 : déchets verts lors d'une journée de ramassage citoyenne dans la Vésubie, novembre 2022 (photos personnelles)	238
Figure 57 : Collecte du bois flotté sur la plage de Menton (CARF)	239
Figure 58 : Filières de traitement des déchets verts - phase d'urgence	241
Figure 59 : Filières de traitement des déchets verts - phase de relèvement	243
Figure 60 : Filières de traitement des déchets verts "ménagers" - phase de recouvrement	244
Figure 61 : Evolution des ressources et des connaissances avec l'échelle géographique, d'après (Marchesini, 2022)	250
Figure 62 : Les 12 activités d'importance vitale en France (Secrétariat général de la Défense et de la Sécurité nationale, n.d.)	254
Figure 63 : Acteurs et dispositifs de sécurité des AIV (Moatty and Dubos-Paillard, 2020) ...	256
Figure 64 : Interdépendances entre le système de gestion des déchets et les activités d'importance vitale d'après (Marchesini, 2023)	262
Figure 65 : organisation de la planification des DSE au Japon (Ministry of the Environment of Japan, 2018b)	283
Figure 66 : Organisation théorique de la planification des déchets post-catastrophe si le service de gestion des déchets devenait une activité d'importance vitale	304
Figure 67 : ZST primaires à Breil-sur-Roya (en haut à gauche) (CARF) et à Tende (en haut à droite) (CARF) VS au Japon (en bas) (JSMCWM)	309
Figure 68 : Autoroute de déchets en Belgique après les inondations de juin 2021. @kilianFichou/AFP	310
Figure 69 : Exposition des installations de traitement et de collecte des déchets aux inondations en Ile-de-France (Région Ile-de-France, 2019).....	311
Figure 70 : Bloc-diagramme fonctionnel 2 pour la planification des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Survenue de l'aléa	318
Figure 71 : Bloc-diagramme fonctionnel 4 pour la planification des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Relèvement.....	319
Figure 72 : Bloc-diagramme fonctionnel 5 pour la planification des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Recouvrement.	321
Figure 73 : Cartographie des documents de planification français déjà existants pouvant intégrer des éléments sur les déchets post-catastrophe. Les éléments en gras inclus déjà (de manière non systématique) des éléments.....	353

Table des tableaux

Tableau 1 : Liste de entretiens exploratoires réalisés avec des chercheur-euses	37
Tableau 2 : Liste des acteurs interrogés en entretien.....	38
Tableau 3 : Eléments de définition sur les situations exceptionnelles dans les documents officiels	53
Tableau 4 : Extrait du retour d'expérience des inondations des 3 et 4 octobre 2015 dans les Alpes Maritimes (Préfecture des Alpes Maritimes, 2015, p. 42)	66
Tableau 5 : Proposition sur les déchets dans le rapport « Repenser les Iles du Nord pour une reconstruction durable » (Gustin, 2017, p. 34).....	66
Tableau 6 : Recommandations du groupe de travail sur les déchets post-catastrophe de 2008 qui ont été adoptées	68
Tableau 7 : Nombre d'articles comportant l'aléa X dans son titre	72
Tableau 8 : Exemples d'études de cas sur la gestion des déchets post-catastrophe	74
Tableau 9 : Différentes typologies de déchets post-catastrophe	75
Tableau 10 : Déchets produits en fonction de l'aléa (liste non exhaustive).....	76
Tableau 11 : Déchets produits en fonction de l'occupation des sols (liste non exhaustive) (CEREMA, 2019).....	77
Tableau 12 : Acteurs de la gestion des déchets post-catastrophe identifiés dans les guides internationaux.....	78
Tableau 13 : Macro et micro-filières identifiées par Alain Navarro (d'après Beraud, 2013). 110	
Tableau 14 : Interdépendances entre le système de gestion des déchets et les autres systèmes urbains.....	137
Tableau 15 : Indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe (traduit depuis Brown, 2012).....	146
Tableau 16 : Indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe : indicateurs des capacités de gestion des déchets.....	147
Tableau 17 : Méthodes d'analyse du système de gestion des déchets post-catastrophe	148
Tableau 18 : Composant et flux des sous-systèmes "agent" dans l'analyse fonctionnelle développée par Hélène Beraud (2013)	158
Tableau 19 : Paramètres de délimitation des filières déchets.....	163
Tableau 20 : Fonctions du système de gestion des déchets	166
Tableau 21 : Fonctions principales des systèmes sociotechniques urbains comme composants externes du système de gestion des déchets	166
Tableau 22 : Composants du système de gestion des déchets.....	168
Tableau 23 : tableau d'AREF	169
Tableau 24 : Extrait du volet déchets de situation exceptionnelle du PRPGD de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur (p. 407)	176
Tableau 25 : Eléments sur les déchets extrait des retours d'expérience de la tempête Alex180	
Tableau 26 : Plans de prévention des risques dans les communes de la vallée de la Roya ..	189
Tableau 27 : Ampleur des dégâts bâtimentaires et accessibilité dans les communes de la Roya après la tempête Alex.....	195

Tableau 28 : Indicateurs des impacts de la catastrophe et des déchets post-catastrophe pour le cas d'étude.....	202
Tableau 29 : Déchets post-Alex mentionnés dans les entretiens.....	204
Tableau 30 : Filières déchets sélectionnées pour l'étude	206
Tableau 31 : Evolution des paramètres de la filière DEEE	227
Tableau 32 : Evolution des paramètres de la filière des déchets de de construction et démolition (C&D) non-inertes.....	228
Tableau 33 : Evolution des paramètres de la filière des DASRI	229
Tableau 34 : Evolution des paramètres de la filière des DMA.....	230
Tableau 35 : suractivation et désactivation des filières de gestion des déchets dans la Roya après la tempête Alex.....	231
Tableau 36 : Evolution des paramètres de la filière "déchets ménagers post-catastrophe"	233
Tableau 37 : Paramètres des pseudo-filières des déchets verts.....	245
Tableau 38 : Difficultés des services techniques urbains à développer les politiques relatives aux réglementations des activités d'importance vitale	257
Tableau 39 : Analyse des interdépendances entre les infrastructures critiques après un tremblement de terre (Brown et al., 2010)	260
Tableau 40 : Mesure de la dépendance des infrastructures urbaines vis-à-vis du service de gestion des déchets (Beraud, 2013, p144).....	260
Tableau 41 : Répartition temporelle des dépendances des systèmes urbains vis-à-vis de la gestion des déchets après la tempête Alex	261
Tableau 42 : Echelle administrative des documents de planification inventoriés en fonction des pays.....	278
Tableau 43 : Types de documents traitant de la planification des déchets post-catastrophe	279
Tableau 44 : Eléments d'intérêt présents dans le volet déchets de situations exceptionnelles des PRPGD	287
Tableau 45 : Impacts des indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe sur les étapes de la gestion des déchets post-catastrophe	298
Tableau 46 : Liens entre les responsabilités de la planification et les indicateurs des déchets post-catastrophe et les phases de la gestion de crise	301
Tableau 47 : Impacts des indicateurs de Brown sur le choix des ZST	307
Tableau 48 : Liens entre activités de prévention en situation normale et diminution des indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe	312
Tableau 49 : Impacts directs des indicateurs sur les sous-système du système de gestion des déchets	316
Tableau 50 : Quantité de déchets traités par la CARF (dont déchetteries).....	347
Tableau 51 : Estimation des quantités de déchets inertes issus de la destruction des routes.	348
Tableau 52 : estimations des quantités de déchets produits par la destruction des habitations.	348
Tableau 53 : Documents de planification considérés pour l'analyse horizontale	351
Tableau 54 : Plans japonais de gestions des déchets post-catastrophe étudiés.....	352
Tableau 55 : Plan états-uniens de gestion des déchets post-catastrophe étudiés	352

Liste des annexes

Annexe 1 : Tableaux AREF de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya – déchets produits par la catastrophe.....	334
Annexe 2 : Tableaux AREF de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya – déchets de la gestion de crise et de la continuité d’activité.....	340
Annexe 3 : Quantification des déchets post-tempête Alex.....	346
Annexe 4 : Liste des documents de planification inventoriés.....	350

Glossaire des principaux sigles utilisés

ADEME	Anciennement Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie, aujourd'hui Agence de la transition écologique
AIV	Activité d'importance vitale
AMDE	Analyse des modes de défaillances et de leurs effets
ANRED	Agence Nationale pour le Récupération et l'Élimination des Déchets (aujourd'hui ADEME)
ARS	Agence Régionale de Santé
BPHU	Bateau de plaisance hors d'usage
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BTP	Bâtiments et travaux publics
C&D	Construction et démolition
CARF	Communauté d'agglomération de la Riviera française
CAT NAT	Catastrophe Naturelle
CEREMA	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CNI	Conseil National de l'Industrie
COD	centre opérationnel départemental
DAE	Déchets des activités économiques
DASRI	Déchets d'activités de soins à risques infectieux
DD	Déchets dangereux
DDTM	Direction départementale des territoires et de la mer
DEEE	Déchets d'équipements électriques et électroniques
DSE	Déchets de situation exceptionnelle
DMA	Déchets ménagers et assimilés
DNS	Directive nationales de sécurité

DPVA	Dracénie Provence Verdon agglomération
DPVA	Dracénie Provence Verdon agglomération
DREAL / DEAL	Direction (régionale) de l'environnement, de l'aménagement et du logement
EPA	Environmental Protection Agency (Etats-Unis)
EPCI	Établissement public de coopération intercommunale
FEDEREC	Fédération des entreprises du recyclage
FEMA	Federal emergency management agency (Etats-Unis)
FNADE	Fédération nationale des activités de dépollution et de l'environnement
FNSA	Fédération nationale des syndicats de l'assainissement et de la maintenance industrielle
GEIDE	Groupement d'Expertise et d'Intervention Déchets post-catastrophe
GEMAPI	Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
INRA	Institut national de la recherche agronomique
Insee	Institut national de la statistique et des études économiques
Loi AGEC	loi anti-gaspillage pour une économie circulaire
LTECV	Loi de transition énergétique pour la croissance verte
MNCA	Métropole Nice Côte d'Azur
OMR	Ordures ménagères résiduelles
ONF	Office Nationale des Forêts
OPS	Organisation panaméricaine de la santé
ORSEC	Organisation de la réponse de sécurité civile
PCA	Plan de continuité d'activité
PCS	Plan communal de sauvegarde
PEFV	Produits Electronique en Fin de Vie (aujourd'hui DEEE)
PICS	Plan intercommunal de sauvegarde
PPE	Plan de protection externe

PPI	Plan particulier d'intervention
PPP	Plan particulier de protection
PPR	Plan de prévention des risques
PPRI	Plan de prévention des risques d'inondation
PRPGD	plan régional de prévention et de gestion des déchets
PSO	Plan de sécurité des opérateurs
REP	Responsabilité élargie des producteur·rices
REX	Retour d'Expérience
SAIV	Secteur d'activités d'importance vitale
SMIAGE	Syndicat Mixte pour les Inondations, l'Aménagement et la Gestion de l'Eau maralpin
TGAP	Taxe générale sur les activités polluantes
UD 06	Unité départementale (Alpes Maritimes) de la DREAL
VHU	Véhicule hors d'usage
ZST	Zone de stockage temporaire

Introduction générale

Contexte

Les inondations de juillet 2021 en Belgique ont vu le bras de l'ancienne autoroute A601 se remplir de 85 000 tonnes de déchets sur huit kilomètres. En tout, près de 155 000 tonnes de déchets solides et 150 000 tonnes de terres, gravats et boues ont été traitées par la Spaque, l'organisme en charge de la gestion des déchets après la catastrophe¹. Les catastrophes naturelles produisent en effet des quantités considérables de déchets : en 1995, le grand tremblement de terre de Hanshin-Awaji à Kobe (Japon), a généré 15 millions de m³ de déchets, remplissant les capacités d'enfouissement prévues pour dix ans (Lauritzen, 1998); en 2010, l'ouragan Katrina a produit environ 76 millions de m³ en Alabama, au Mississippi et en Louisiane (Luther, 2008), soit six années de production normale. Ces déchets, que nous appellerons déchets post-catastrophe par convention (voir § 1.1.1), se répartissent en trois grands types :

- **Les déchets produits par l'événement** lui-même, c'est-à-dire par les dégâts et les dommages créés par l'événement. Ces déchets sont des déchets du BTP, des biens de consommation, des déchets verts, des sédiments, des véhicules hors d'usage, etc. Ce sont eux qui constituent la majeure partie du gisement.
- **Les déchets de la gestion de crise.** Ce sont les déchets produits par les activités de la gestion de l'urgence : déchets médicaux, déchets des centres d'accueil des impliqués ou des camps de réfugiés, emballages contenant les biens de premières nécessités (bouteilles d'eau, packs de nourriture, etc.), dons en surplus, etc. On peut également y inclure les déchets de la reconstruction, qui seront des déchets du BTP, produits un peu plus tard, et qui peuvent être difficiles à différencier des déchets du BTP produits par la catastrophe lors du suivi.
- **Les déchets de la continuité d'activité.** Ce sont les déchets « normaux » qui doivent continuer à être gérés en situation exceptionnelle. On parle principalement de déchets ménagers, ou de certains déchets dangereux dont la gestion ne peut pas être différée

¹ <https://www.lalibre.be/belgique/societe/2022/07/14/un-an-apres-que-sont-devenus-les-dechets-des-inondations-on-est-arrive-a-un-tres-bon-pourcentage-de-valorisation-45KAWPRKT5DUZG43KBUP532K6I/>

comme les déchets médicaux, mais cela peut concerner tout type de déchets. La continuité de service peut être rendue difficile par exemple par l'indisponibilité du réseau routier ou par l'endommagement des installations de traitement.

Les déchets post-catastrophe, dispersés sur les routes, dans les milieux urbains et l'environnement, ralentissent la gestion de crise (passage des équipes de secours, évacuation des sinistré-es, livraison des biens de premières nécessités, etc.) et la reprise du territoire (nettoyage du territoire, reconstruction des réseaux techniques). Leur accumulation et leur mauvais traitement créent des risques sanitaires et environnementaux importants : développement de moisissures, propagation de bactéries et de virus, pollution de l'air, de l'eau et des sols, perte de matières premières secondaires, etc. L'impact psychologique sur les populations peut également être important : après les victimes humaines (décès, blessures, disparitions), le déchet est la première conséquence physique visible sur le territoire impacté, rappelant aux populations sinistrées ce qu'elles ont perdu. Outre la diminution du tri et donc du recyclage, on peut citer quelques exemples de mauvais traitements tirés des retours d'expérience : multiplication des dépôts sauvages, abandons de véhicules dans la nature, bateaux endommagés coulés en mer (Beraud et al., 2019a), brûlage à l'air libre (Beraud et al., 2019; (Kobayashi, 1995) in Brown et al., 2010; Marchesini, 2022; Robin des Bois, 2010), etc.

Plus généralement, dans un contexte de raréfaction des ressources primaires, le réemploi, la réutilisation et le recyclage des déchets sont primordiaux. Or, post-catastrophe, de nombreux déchets sont trop vite incinérés ou éliminés et, une fois incinérés ou éliminés, le retour en arrière est impossible.

Ainsi, les déchets post-catastrophe encombrant le système de gestion des déchets, aussi bien en termes de capacité de traitement qu'en termes de mobilisation des moyens humains ou matériels (notamment des engins de collecte) disponibles. Ce système est un système sociotechnique, puisqu'il possède, en plus de la dimension technique, une dimension humaine et organisationnelle (Toubin, 2014), avec des acteurs, leur organisation interne et leurs interactions.

Problématique et objectifs de la recherche

Le système de gestion des déchets est alors complètement désorganisé par la catastrophe, même dans des pays comme la France où un système de gestion des déchets est bien

implanté, avec une organisation formellement encadrée par des lois, des normes et des documents de planification. La désorganisation est une destruction de l'ordre en place, un désordre, une perturbation de l'organisation relativement « bien huilée » du système. Les liens entre les composants du système (des acteurs, des installations de traitement, etc.) sont rompus ou changent de nature, des composants deviennent inopérants.

Toutefois, un système est dynamique et ne reste pas en l'état. Des nouveaux chemins peuvent être empruntés pour faire transiter les flux, des composants peuvent fonctionner en sous-régime ou admettre des fonctions supplémentaires, etc. Le système va se réorganiser pour pouvoir assurer sa fonction, y compris en mode dégradé. Généralement, les systèmes sociotechniques urbains (énergie, eau, transport, télécommunication) voient la demande réduire après une catastrophe, du fait de la diminution de la population sur la zone et de la restriction de leurs besoins aux besoins primaires. Ce n'est pas le cas du système de gestion des déchets qui doit au contraire traiter des quantités de déchets beaucoup plus importantes (Beraud, 2013).

Le système de gestion des déchets doit donc se réorganiser lors des événements exceptionnels pour répondre à la transformation des contraintes en lien avec l'évolution des quantités et des types de déchets, le mélange des déchets et les interdépendances avec les autres systèmes sociotechniques urbains (coupure des routes, encombrement des réseaux, etc.). De nombreux acteurs voient alors évoluer leurs implications dans la gestion des déchets post-catastrophe : des acteurs de la gestion de crise se retrouvent par exemple à transporter des déchets, alors que des acteurs déchets deviennent inopérants. A l'inverse, certains acteurs déchets sont sur-sollicités, et gèrent des déchets en mélange qui incluent des déchets en dehors de leur responsabilité habituelle.

On observe notamment une importante désorganisation de ce qu'on appelle en France « les filières de gestion des déchets ». Bien que leurs délimitations soient floues, on peut considérer, *a priori*, que chaque filière sert à traiter un certain flux de déchets. Or post-catastrophe, les déchets sont mélangés et changent de nature (déchets humides, déchets non dangereux pollués par des produits dangereux, etc.) et le tri est souvent compliqué à réaliser. La typologie des déchets évolue donc, rendant difficile leur renvoi vers les filières « habituelles ».

Cette thèse aura donc pour objectif de répondre à la problématique suivante : **comment le système et les filières de gestion des déchets se transforment face à des contraintes extérieures fortes, comme celles produites par une catastrophe naturelle ?**

Cela amène d'abord à se demander ce qu'est une filière de gestion de déchets. Les définitions et surtout les délimitations d'une filière sont en effet multiples. Comment sont-elles organisées, mises en place ? L'organisation du système sera donc analysée en filières, avec des flux entrant et sortant en amont et en aval de chaque filière, subissant au milieu des transformations matières. Ce choix a été privilégié à une analyse territoriale car le mélange des différents types de déchets par une catastrophe rend centrale cette question des filières. Il s'agira alors d'analyser l'évolution du système de gestion des déchets, et de ses filières, soumis à des contraintes extérieures, dans le cas présent produites par des catastrophes naturelles, et de voir notamment si l'on peut considérer des nouvelles filières de gestion des déchets post-catastrophe. Enfin, la thèse cherchera à étudier comment cette organisation en filière peut bénéficier, ou pas, à la gestion des déchets post-catastrophe et à sa planification.

Limites des travaux : types de déchets et de catastrophes

Les travaux se concentreront sur les déchets solides, les déchets liquides relevant plus de l'assainissement, et urbains, la gestion des déchets des zones agricoles et industrielles ayant des modes d'organisation légèrement différents (à noter que ces frontières peuvent s'estomper post-catastrophe). Etudier les déchets urbains présente également un intérêt du fait de la concentration des enjeux dans les territoires urbains, avec notamment une interdépendance des systèmes sociotechniques urbains. On s'intéressera aux trois types de déchets post-catastrophe définis plus haut : les déchets produits par la catastrophe, les déchets produits par la gestion de crise et les déchets « normaux » à gérer en situation de post-catastrophe.

Au niveau des catastrophes, seules les catastrophes naturelles seront étudiées. Bien que de nombreux points communs existent entre les catastrophes naturelles et les catastrophes technologiques, aussi bien en termes d'organisation de la gestion de crise qu'en termes de gisement de déchets produits, deux grandes différences nous invitent à isoler l'étude des catastrophes naturelles.

1. Les responsabilités des acteurs industriels en cas de catastrophe technologique sont mieux identifiées. Les actions de prévention et les plans de gestion de crise sont plus systématiques. De ce fait, la désorganisation est mieux anticipée (dans la mesure où les effets d'une catastrophe peuvent l'être) et la réorganisation du système plus encadrée.
2. Les pollutions éventuelles des déchets après des catastrophes technologiques et la proportion plus importante de déchets dangereux impliquent des modes de gestion relativement différents (normes de traitement plus strictes, moindre implications de la société civile pour des raisons sanitaires, etc.).

Les catastrophes sanitaires sont écartées car les impacts sur le système de gestion des déchets sont très différents. Les retours d'expérience de la pandémie de Covid-19 ont pu donner à cet égard de nombreux apports. Le gisement de déchets varie, avec une forte augmentation des déchets médicaux et une forte diminution des déchets des activités économiques pendant le premier confinement, qui ont pu mener par endroit à des difficultés d'incinération faute de déchets combustibles à fort pouvoir calorifique. Les préoccupations étaient surtout sanitaires : fermeture des points d'apport volontaire et des usines de recyclage pour diminuer les contacts ; réorganisation des collectes pour la sécurité des agent·es ; augmentation des plastiques à usage unique ; etc. La pandémie a ainsi amené à un retour aux seules préoccupations hygiénistes, au détriment des objectifs environnementaux (Beraud et al., 2023). Outre cela, la pandémie a surtout modifié les habitudes autour du tri et de la diminution des déchets, qui s'amélioraient ces dernières années. L'utilisation des plastiques à usage unique s'est amplifiée (Garnett et al., 2022) et les refus de tris ont augmenté de 10 à 40% par rapport à l'année précédente (Beraud et al., 2023).

Quant aux catastrophes sociales de grande ampleur (guerres, guerres civiles), elles rencontrent des problématiques spécifiques qui requièrent des précautions et des analyses particulières : dangerosité d'accès, instabilité des conditions, durée de la catastrophe, implications géopolitiques, etc. Les événements exceptionnels de moindre ampleur, comme les grèves des éboueur·euses ont des implications et des modes de résolutions également très différents.

En particulier, on insistera² ici sur le fait que la présente thèse ne traite ni des catastrophes nucléaires, ni des déchets nucléaires, les acteurs impliqués dans ces deux domaines étant très spécifiques. En France, une catastrophe nucléaire est gérée directement à l'échelle du gouvernement national (et non des préfectures), et les déchets nucléaires ont une filière spécifique et sont les seuls déchets qui ne sont pas concernés par les planifications régionales.

Démarche méthodologique

Approche générale

L'objectif est donc d'observer la transformation du système et des filières de gestion des déchets soumis à des contraintes extérieures fortes. Les filières, le système de gestion des déchets et leurs liens seront mieux définis dans les chapitres 2 et 3, mais il est possible d'en introduire les grandes lignes. Les filières sont un ensemble d'acteurs et d'infrastructures reliées par des flux physiques et organisationnels. Elles sont en ce sens des sous-systèmes du système sociotechnique de gestion des déchets. Une méthode d'analyse dérivée de l'analyse fonctionnelle a été créée pour observer ces transformations en fonction de six temporalités de la gestion de crise : le système fonctionnel, la pré-catastrophe, la survenue de l'aléa, l'urgence, le relèvement et le recouvrement. Le développement de la méthode s'appuie principalement sur des travaux académiques antérieurs et des retours d'expérience de la gestion des déchets après des précédentes catastrophes, complétés d'éléments récoltés lors d'entretiens. L'analyse du système se base sur une enquête terrain sur la gestion des déchets après la tempête Alex dans la vallée de la Roya. La Figure 1 (p. 36) résume le déroulement de la démarche méthodologique.

² Cette précision semble utile car j'ai pu constater, au cours de ces trois années de thèse, que l'expression « déchets post-catastrophe » amenaient régulièrement les gens à penser soit aux catastrophes nucléaires soit aux déchets nucléaires.

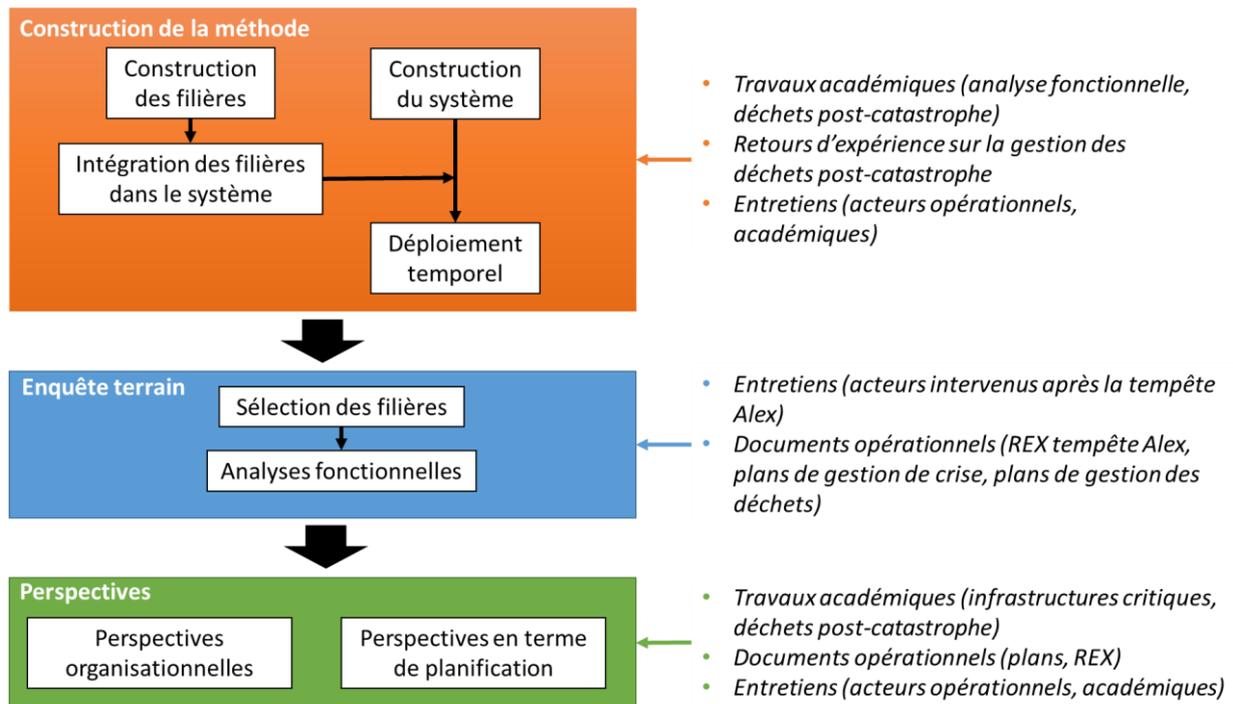


Figure 1 : Synthèse de la démarche méthodologique

Collecte empirique de données : présentation des entretiens réalisés

Les travaux se basent en grande partie sur des données empiriques récoltées via 46 entretiens semi-directifs. Quatre types d'entretiens ont été menés : 11 entretiens exploratoires avec des chercheur-euses sur la gestion des déchets post-catastrophe ou sur les risques (Tableau 1, p. 37) ; dix entretiens exploratoires avec des acteurs opérationnels (régions, bureau d'étude, etc.) sur toute la France (ainsi qu'un en Nouvelle-Zélande) ; cinq entretiens exploratoires avec des acteurs opérationnels de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur ; et 20 entretiens avec des acteurs opérationnels pour le cas d'étude sur la vallée de la Roya (Tableau 2, p. 38).

Les entretiens exploratoires n'ont pas été enregistrés. Ceux avec les chercheur-euses ont duré de 30 minutes à une heure. Ils avaient pour objectif de préciser leurs travaux et/ou d'avoir des éléments plus récents sur la gestion des déchets post-catastrophe dans leur pays. Des questions étaient préparées en amont en fonction de leurs travaux et des documents disponibles dans leur pays.

Tableau 1 : Liste de entretiens exploratoires réalisés avec des chercheur-euses

Nom	Structure	Pays	Date (mm/aaaa)
<i>Chercheur-euses déchets post-catastrophe</i>			
Misuzu Asari et son équipe	Université de Kyoto	Japon	04/2021
Charlotte Brown	Resilient organisations	Nouvelle-Zélande	04/2021
Francesca Beolchini	Université des Marches	Italie	05/2021
Gayani Karunasena	Université de Deakin (Australie)	Sri Lanka	06/2021
Emma Marinie Ahmad Zawawi	Universiti Teknologi MARA	Malaisie	06/2021
Kivanç Onan	Doğuş University	Turquie	06/2021
Angeliki Balayannis	University of Exeter	Royaume-Uni	10/2021
<i>Chercheur-euses risques</i>			
Marie Charchelay	Université de Limoges	France (tempête Irma)	06/2021
David Ortiz Haro	Université Technologique de Troyes	France (tempête Alex)	09/2021
Emanuela Dalmasso	Université Gustave Eiffel	France (tempête Alex)	03/2022
Charlotte Blanc	Université de Nantes	France (environnement Guadeloupe)	05/2021

Les entretiens exploratoires avec les acteurs opérationnels ont duré entre 20 et 45 minutes. L'objectif de ces entretiens était de faire un état des lieux de la prise en compte des déchets post-catastrophe en France, et plus spécialement en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, une fois décidé le partenariat avec cette région. Les acteurs de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur ont été identifiés lors d'un atelier co-organisé avec la Région en juin 2021, intitulé *Comment anticiper la gestion des déchets en cas de catastrophe naturelle ?*. Cet atelier d'une demi-journée, en visio-conférence, a été organisé dans le cadre du programme européen LIFE IP Smart waste dont la Région est bénéficiaire³. La grille d'entretien générale, adaptée en fonction des entretiens était divisée en trois grandes parties : 1) les activités de l'acteur en lien avec la gestion opérationnelle des déchets post-catastrophe ; 2) les activités éventuelles de planification de la gestion des déchets post-catastrophe ; et, pour les acteurs de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, 3) les retours éventuels qu'ils pouvaient avoir sur l'atelier.

³ Le document de restitution de cet atelier, qui renvoie également vers le lien de téléchargement du support de présentation et le lien du replay Youtube est disponible ici : https://www.lifeipsmartwaste.eu/fileadmin/user_upload/Bibliotheque/Ateliers_thematiques/Restitution_CR_atelier_LIFE_N_30_catastrophe_nat.pdf

Les entretiens pour l'étude de cas ont duré en moyenne 50 minutes (de cinq minutes pour le plus court à deux heures pour les plus longs). Ils ont été pour la plupart enregistrés (seuls quatre ne l'ont pas été, deux pour refus, deux pour matériel défaillant) et en partie retranscrits.

Une grille d'entretien générale a été réalisée puis adaptée à chaque entretien. Globalement, nous cherchions à connaître :

1. Les missions initiales, hors tempête, de l'acteur et son organisation ;
2. Les missions post-tempête Alex de l'acteur, dans l'urgence et sur le long terme, et son organisation post-catastrophe : mobilisation des moyens techniques et humains, enjeux et priorités, problèmes rencontrés. Dans le cas d'un acteur non-déchet⁴, dans quelles mesures il avait géré des déchets ;
3. L'existence de plans de gestion de crises et/ou d'autres éléments de préparation sur la gestion des déchets post-catastrophe et la manière dont ils avaient servi ;
4. La réalisation de REX interne ou la participation à des REX externes et les modifications éventuellement apportées suite à la catastrophe.

Tableau 2 : Liste des acteurs interrogés en entretien.

Signification des sigles : N : nationale / IR : inter-régionale / R : régionale / D : départementale / IC : intercommunale / C : communale / V : visio / P : présence / T : téléphone

Structure	Poste	Echelle	Date (mm/aaaa)	Type
Entretiens exploratoires acteurs opérationnels				
Région Guadeloupe	Ingénieure planification déchets et économie circulaire	R	10/2020	V
INNDIGO (bureau d'étude en gestion des déchets)	Chargée de mission (responsable de la réalisation du PRPGD Auvergne-Rhône-Alpes)	N	01/2021	T
Trivalis (syndicat mixte de gestion des déchets en Vendée)	Responsable du pôle déchetteries (responsable de la gestion des déchets après la tempête Xynthia)	D	05/2021	V

⁴ Nous entendons par « acteur non-déchet » un acteur qui ne fait pas partie du système de gestion des déchets en temps normal.

Tonkin+Taylor (boîte de conseil en environnement et ingénierie)	Directeur Déchet (responsable de la réalisation du guide néo-zélandais)	N	06/2021	V
BRGM	Ingénieur environnement	N	07/2021	V
BRGM – direction Régionale de Guadeloupe	Ingénieur environnement	R	07/2021	
Région Centre-Val-de-Loire	- Conseiller régional - Chargée de mission déchets - économie circulaire	R	09/2021 09/2021	V V
Région Hauts-de-France	Responsable du service transition climatique et planification déchets	R	09/2021	V
Région Occitanie	Chargé de mission environnement	R	11/2021	V
Néo-Eco (bureau d'étude déchets)	Chargé de mission	N	07/2023	V
Entretiens exploratoires en région Provence-Alpes-Côte d'Azur				
DPVA (Dracénie Provence Verdon agglomération)	- Responsable communication et protocole - Responsable du service déchets	IC	09/2021	V
SMIDDEV (Syndicat Mixte du Développement Durable de l'Est-Var pour le traitement et la valorisation des déchets ménagers)	Responsable développement durable	IC	07/2021	T
DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur	Service prévention des risques – fonctionnel déchet	R	10/2021	V
SCLAVO (entreprise de gestion des déchets)	Responsable Projets & Communication	R	10/2021	V
DREAL– Zone Sud	Mission Sécurité Défense	IR	11/2021	V
Entretiens pour l'étude de cas				
Ecosystem	Responsable Régional de la Collecte - Sud Est Corse	IR	02/2022	V
Fret SNCF	Responsable du fret	IR	03/2022	V
Région Provence Alpes-Côte d'Azur	Chef du service économie circulaire et déchets	R	03/2022 11/2022	V P
ARS	Chargée de la prévention et la gestion des risques sanitaires (légionelles, DASRI, Amiante et radon) dans les établissements de santé et médicosociaux	R	11/2022	P

Veolia	Chargé de mission	R	06/2022	V
DREAL - UD 06	Cheffe de service	D	03/2022	P
Maison de la Région à Nice	Chargé de mission	D	03/2022	V
DDTM (pour la préfecture)	Mission d'appui aux services métiers - Responsable du pôle appui technique. Responsable de l'évaluation des dommages des logements après la tempête Alex	D	03/2022	P
DDTM (pour la préfecture)	Chargé de mission. Responsable de la coordination du retour d'expérience après la tempête Alex	D	03/2022	P
Département 06	Responsable de la mission reconstruction	D	03/2022	P
Force 06	Responsable du secteur Est	D	06/2022	V
SMIAGE (Syndicat Mixte Inondation, Aménagement et Gestion de l'Eau maralpin)	Technicien de rivière	D	03/2022	T
ONF – Agence territoriale Alpes Maritimes / Var	Responsable du service bois	D	03/2022	V
Parc National du Mercantour	Vice-directrice	D	03/2022	V
CARF – service déchets	Responsable du service environnement et gestion des déchets	IC	03/2022	P
CARF – GEMAPI	Technicien GEMAPI	IC	03/2022	V
MNCA – Service déchets	Chargé de mission	IC	05/2022	T
Mairie de Breil-sur-Roya	Conseillère urbanisme / Conseiller gestion de crise	C	03/2022	P
Mairie de Tende	Maire	C	03/2022	P
Mairie de la Brigue	Directeur des services techniques	C	03/2022	T
Mairie de Saint-Laurent-du-Var	Directeur des services techniques	C	06/2022	T

Analyse des matériaux : utilisation d'une approche systémique

Ce paragraphe présente les grandes lignes de la méthode d'analyse déployée, qui sera développée plus en détail dans le chapitre 3.

Cette thèse s'inscrit dans une filiation de travaux en génie urbain utilisant des approches systémiques. En effet, étudiant les systèmes sociotechniques urbains, de nombreuses méthodes d'analyse en génie urbain mobilisent des approches systémiques, avec un fort apport des méthodes de sûreté de fonctionnement (Allaire, 2013; Barroca et al., 2012; Beraud,

2013; Gonzva, 2017). On touche ici à la dimension hybride et pluridisciplinaire du génie urbain : on étudie des infrastructures physiques mais aussi des systèmes organisationnels prenant en compte les acteurs et parties prenantes ; la collecte et l'analyse de données sont basées sur des méthodologies d'études de terrain qualitatives inspirées des sciences sociales (notamment de la socio-anthropologie), complétées éventuellement de quantification de flux ou d'analyses statistiques des risques et des défaillances.

La thèse développe donc une approche systémique. Ces approches permettent de sortir des approches aléa-centrées qui prédominent encore dans l'étude des risques et des catastrophes (Metzger and D'Ercole, 2011) pour réaliser des analyses dynamiques de la propagation des défaillances et de la réorganisation des systèmes. Les études systémiques permettent de faire abstraction des particularités de chaque aléa (Barroca et al., 2012). Le système de gestion des déchets est de plus extrêmement complexe du fait de la multiplicité des flux de déchets, de la multiplicité des acteurs, des interdépendances avec les autres systèmes sociotechniques et de la territorialité du système de gestion des déchets. Cette grande complexité du système de gestion des déchets rend particulièrement pertinente l'utilisation d'une approche systémique.

Plus précisément, on s'appuiera sur une analyse fonctionnelle, qui s'est déjà montrée utile pour analyser la vulnérabilité du système de gestion des déchets (Beraud et al., 2012a). Dans sa thèse *Initier la résilience du service de gestion des déchets aux catastrophes naturelles - Le cas des territoires urbains et de l'inondation*, Hélène Beraud (2013) a étudié les sources potentielles de dysfonctionnement du système de gestion des déchets et leurs impacts sur le territoire. Pour aller plus loin, nous cherchons maintenant à savoir comment le système se réorganise pour répondre à ces dysfonctionnements, aux différentes étapes de la gestion de la catastrophe. Notre méthode enrichit donc les études classiques, qui structurent en deux temps – « analyse fonctionnelle » et « analyse dysfonctionnelle » - l'étude du système, en proposant de décliner l'analyse sur six temporalités qui font écho à la gestion des risques naturels : le système fonctionnel, la pré-catastrophe, la survenue de l'aléa, la phase d'urgence, le relèvement et le recouvrement. L'analyse fonctionnelle est également couplée à une analyse filière : les filières de gestion des déchets sont paramétrées dans le système pour permettre de suivre leur évolution.

L'analyse fonctionnelle ainsi adaptée sera appliquée au système de gestion des déchets sur le territoire de la Communauté d'agglomération de la Riviera française (CARF), dans les Alpes

Maritimes, fortement impacté par la tempête Alex en octobre 2020. Une enquête terrain a été réalisée pour effectuer un retour d'expérience de la gestion des déchets après ces inondations, dans le cadre d'une collaboration avec le service économie circulaire et déchets de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Une vingtaine d'entretiens ont été menés, couplés à une participation à une journée de nettoyage citoyenne de la rivière. Les personnes interrogées ont souvent fourni des documents pour compléter l'analyse (retours d'expérience, documents de planification, guide, etc.). Un atelier sur l'anticipation de la gestion des déchets post-catastrophe naturelles a également été co-construit avec la Région.

Ce territoire présente plusieurs intérêts : une catastrophe de grande ampleur sur un territoire avec un système de gestion des déchets bien structuré ; une catastrophe suffisamment récente au moment de l'enquête terrain pour que les personnes interrogées aient encore leurs actions bien en tête mais suffisamment lointaine pour ne pas gêner la gestion de crise ; une catastrophe sur un territoire restreint et bien délimité géographiquement qui permet une étude exhaustive du système ; des particularités géographiques (notamment en termes d'isolation du territoire) qui entraînent des effets intéressants à observer ; une catastrophe qui arrive peu de temps après la mise en place de la planification régionale de la prévention et de la gestion des déchets post-catastrophe qui permet de s'interroger sur son déploiement.

Structure du mémoire

Le mémoire se déploie en six chapitre.

Le premier chapitre présente les éléments de contexte nécessaires à la compréhension du sujet. Il expose les enjeux et l'organisation de la gestion des déchets en situation de post-catastrophe, en revenant en particulier sur son articulation avec les autres activités de la gestion de crise.

Le deuxième chapitre s'attache ensuite à caractériser les filières de gestion des déchets. Pour cela, nous présenterons les caractéristiques générales des premières filières, les filières industrielles et agricoles, pour regarder dans quelles mesures elles s'appliquent aux filières de gestion des déchets. La filière comme outil d'analyse peut apparaître comme un retour en arrière au vu des développements importants de la systématique : le chapitre justifie l'intérêt de l'approche filière.

Ces deux premiers chapitres introduisent les éléments de contexte qui justifient l'élaboration de la méthode d'analyse de l'évolution du système de gestion des déchets en situation de catastrophe. La méthode, son cahier des charges et ses principes, entre analyse fonctionnelle et analyse filière, sont développés dans le chapitre 3.

La méthode est ensuite appliquée dans le chapitre 4 à l'analyse de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya après les inondations causées par le passage de la tempête Alex en octobre 2020. Afin de simplifier la visualisation des résultats, l'analyse a été divisée en deux temps : une analyse de la gestion des déchets produits par la catastrophe, et une analyse de la gestion des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité, qui, s'ils ont été produits différemment, ont suivi des parcours de collecte et de traitement similaires. Cela amène à s'intéresser à la manière dont l'organisation en filière du système de gestion et en particulier la création de nouvelles filières dédiées aux déchets post-catastrophe peut bénéficier, ou non, à la gestion des déchets post-catastrophe et à sa planification.

Le chapitre 5 est alors l'occasion d'analyser la manière dont évoluent les filières jusqu'à former éventuellement de nouvelles filières des déchets post-catastrophe. Il questionne aussi la pertinence en termes de préparation et de planification de la mise en place de telles filières, notamment vis-à-vis de l'incertitude de leur activation et de la disponibilité de moyens humains, techniques et financiers pour les mettre en place. Une alternative, issue des modes d'organisation de la gestion de crise, est de ce fait envisagée : organiser la gestion des déchets comme une activité d'importance vitale.

Enfin, le chapitre 6 permettra d'ouvrir des perspectives pour la planification de la gestion des déchets post-catastrophe. Nous ferons un état des lieux des planifications existantes à l'international, et des difficultés pour mettre en place de telles planifications. Au vu des six temporalités de la gestion de crise utilisées dans l'analyse fonctionnelle, nous rentrerons plus en détail sur l'état de la planification de la gestion des déchets de situations exceptionnelles en France, pour questionner quel processus de planification pourrait être mis en place pour sensibiliser le plus rapidement possible le plus d'acteurs.

Chapitre 1 : Enjeux et organisation de la gestion des déchets post-catastrophe

Sommaire

Chapitre 1 : Enjeux et organisation de la gestion des déchets post-catastrophe	44
Sommaire.....	44
Introduction du chapitre 1.....	46
1.1. Déchets et catastrophes naturelles.....	47
1.1.1. Définitions : de la catastrophe aux déchets post-catastrophe	47
1.1.2. Adaptation et résilience des réseaux techniques	56
1.1.3. Organisation de la gestion des catastrophes	60
1.2. Les déchets post-catastrophe.....	67
1.2.1. Les déchets post-catastrophe, un domaine d'étude peu structuré.....	67
1.2.2. Organisation et acteurs de la gestion des déchets post-catastrophe	74
Conclusion du chapitre 1	84

Introduction du chapitre 1

L'impressionnante autoroute de déchets après les inondations de juillet 2021 en Belgique a quelque peu mis en avant le sujet des déchets post-catastrophe auprès du grand public. Au niveau opérationnel, l'intérêt pour le sujet est récent et encore peu répandu. De ce fait, les liens entre la gestion des déchets post-catastrophe et la gestion de la catastrophe dans son ensemble sont mal connus. Ce chapitre précisera donc la manière dont la gestion des déchets s'insère dans la gestion des catastrophes, et les enjeux autour des déchets post-catastrophe et de leur gestion. Nous présenterons également les catastrophes et les notions associées (risque et crise), non pas pour contribuer aux nombreux travaux sur le sujet et questionner ces termes, mais pour poser clairement les définitions utilisées dans ce manuscrit et ne pas créer de confusion dans l'utilisation de ces termes.

Nous commencerons par présenter les catastrophes naturelles et leurs liens avec les déchets, avant de nous pencher plus en détails sur les déchets post-catastrophe et l'organisation de leur gestion.

1.1. Déchets et catastrophes naturelles

1.1.1. Définitions : de la catastrophe aux déchets post-catastrophe

Risques, catastrophes, crises

Cette thèse portant sur l'étude des déchets post-catastrophe, il convient, avant d'aller plus loin, de définir la catastrophe, et les termes qui lui sont généralement associés : risque et crise.

Classiquement, le risque est défini comme l'interaction entre l'aléa et la vulnérabilité des enjeux, avec l'aléa comme probabilité d'occurrence et d'intensité d'un phénomène (climatique, technologique, social...) sur un territoire ; et la vulnérabilité comme l'exposition de ce territoire face à l'aléa considéré, c'est-à-dire l'endommagement potentiel des enjeux (physiques mais aussi sociaux ou environnementaux) que peut créer l'aléa. Cette définition est résumée par « l'équation » : *Risque = aléa x vulnérabilité*.

Du fait de la place prépondérante de la prévention dans la gestion des risques, un troisième terme commence à apparaître : l'efficacité des mesures préventives (Merad, 2010). On a alors l'équation suivante : *Risque = aléa x vulnérabilité x efficacité des mesures préventives*.

Cette notion prend toute son importance lorsque l'on parle de déchets, qui ont toujours été gérés comme un risque (d'abord sanitaire puis environnemental). La prévention, qui vise 1) à réduire les quantités de déchets et 2) à réduire leur dangerosité, a une place centrale dans les politiques déchets.

La différence entre catastrophe et crise est difficile à appréhender. Une crise n'est pas forcément créée par un problème immédiat, tangible et indiscutable, elle peut être déclenchée par une rumeur, une hypothèse ou un risque dont on ne peut démontrer l'inexistence (Lagadec, 1991). Il peut donc y avoir une crise sans catastrophe. Ce fut le cas en 1976 en Guadeloupe, quand les risques liés à l'éruption de la Soufrière ont mené à l'évacuation de plus de 73 000 habitant·es pendant trois mois. Finalement, la catastrophe redoutée n'a pas eu lieu mais cela a provoqué une importante crise : « *L'originalité du cas basse-terrien est que la crise de 1976 ne correspond pas à la représentation moderne de la catastrophe: pas de morts, pas de dommages matériels majeurs, pas de rupture visible immédiatement identifiable. L'entrée par les mémoires met ainsi à l'épreuve la définition de la*

catastrophe et rappelle qu'elle est une construction sociale, qui possède une épaisseur temporelle et spatiale. » (Reghezza-Zitt, Benitez and Devès, 2020, p. 22).

Une catastrophe est la matérialisation d'un risque, on peut mesurer les dommages qu'elle produit. Elle est identifiée à la fois spatialement et temporellement, et a des impacts sur une société ou un environnement, qui vont tenter de proposer une réponse pour s'adapter à ces impacts. Toutefois, ces éléments sont communs à un désastre, une catastrophe et une crise (Dauphiné and Provitolo, 2013).

Pour André Dauphiné et Damienne Provitolo, la différence entre un désastre et une catastrophe est liée à une notion de seuil : les impacts d'une catastrophe seront massifs et diffus, dépasseront les capacités de gestion des responsables locaux et interrompront les fonctions communautaires. On retrouve la même idée chez d'autres auteur·rices. « *On parlera de catastrophe, par opposition à un accident, à partir d'un certain seuil au-delà duquel les capacités de réaction (techniques, culturelles, économiques, organisationnelles...) sont dépassées. En ce sens, catastrophe est synonyme de crise* » (Leone, Meschinet De Richemond and Vinet, 2010, p. 35). La catastrophe, par rapport à un événement de moindre ampleur, implique donc une notion de dépassement d'un seuil. François Dedieu parle « *d'accident total* » : la catastrophe est créée par une multitude de causes, écologiques, techniques et humaines. Une réaction en chaîne à grande échelle, finalement « normale », mène à une catastrophe, même si l'enchaînement des événements reste exceptionnel (Dedieu, 2013). Le seuil suppose une mesure. Il existe ainsi de nombreux indicateurs de mesure des catastrophes qui permettent de les classer : nombre de victimes, pertes financières, pertes de biomasse, etc. (Dauphiné and Provitolo, 2013).

Mais la crise implique aussi une notion de seuil. Patrick Lagadec distingue « *trois modes de fonctionnement d'un système : la marche normale; la situation perturbée; la dynamique de crise* » (Lagadec, 1991, p. 25). Un accident « classique » se résout grâce à des schémas organisationnels anticipés, dans lesquels chacun·e connaît son rôle et la structure de responsabilité. Les éventuels conflits ou problèmes d'intervention n'entravent pas la conduite des opérations. La crise apparaît lorsque l'ampleur de l'événement croît quantitativement (nombre de personnes impactées, quantité de dommages matériels, etc.), ou que certaines caractéristiques la rendent particulièrement déstabilisante : défaillances non envisagées, impacts sur une ou des infrastructures d'importance vitale, combinaisons d'événements, etc.

L'organisation des moyens de réaction habituels est alors dépassée et ne suffit plus à répondre à l'évènement. La crise, à défaut de pouvoir être quantifiée comme une catastrophe, peut être qualifiée. Claude Gilbert (Gilbert, 2002) propose de s'intéresser aux changements d'état d'une situation, qui peut par exemple être qualifiée « d'ordinaire », « moins ordinaire » ou « extraordinaire ». Patrick Lagadec oppose les crises « hors cadre », qui nécessitent de sortir des cadres fixés par la planification d'urgence et routines de prises de décision, aux crises « ordinaires » (Reghezza-Zitt, 2019).

La notion de seuil ne permet donc pas de différencier catastrophe et crise.

Une différence pourrait se faire sur la temporalité, en considérant que la catastrophe est un évènement brutal, borné chronologiquement, alors que la crise est la désorganisation d'un système résultant de cet évènement. Mais certains évènements de longue durée comme les sécheresses ou les famines peuvent tuer bien plus que des catastrophes ponctuelles (Leone et al., 2010). La catastrophe, évènement de longue durée, se confond alors avec la crise qui en résulte.

La crise entraîne une pression et une déstabilisation des organisations soumises à un évènement. Magali Reghezza-Zitt définit la crise *comme « une situation de désorganisation plus ou moins longue, plus ou moins brutale, qui traduit la rupture d'un équilibre stable ou instable »*, à ne pas confondre avec la catastrophe qui correspond à une mesure quantitative des impacts d'un aléa ou à une appréciation subjective dépendant d'un système de valeurs (Reghezza-Zitt, 2019).

Nous nous appuyerons par la suite sur cette différenciation. Nous parlerons de crise pour parler de la désorganisation du système à la suite d'une perturbation et des réorganisations qui en résultent. La catastrophe désignera l'évènement physique, créant des dégâts quantifiables, à l'origine de la crise. Des évènements exceptionnels de moindre ampleur peuvent également être à l'origine de crise, mais nous nous intéresserons plutôt dans cette thèse à des catastrophes de grande ampleur. Cette différenciation est facilitée par le fait que nous étudions des catastrophes « naturelles »⁵.

⁵ Les catastrophes « naturelles » ne sont pas naturelles à proprement parler, puisqu'il faut qu'un aléa, d'origine naturel, touche un territoire avec des enjeux pour que cela devienne une catastrophe. François Dedieu exprime bien cette idée : « *les accidents totaux démontrent au contraire que ces catastrophes sont le produit d'un processus combinant des causes multiples et hybrides, puisqu'elles mêlent des facteurs écologiques, techniques,*

Une catastrophe naturelle est en effet (relativement) ponctuelle et bornée dans le temps. Elle correspond au moment où l'évènement touche le territoire et crée des dommages. Pour des évènements comme les ouragans, les tempêtes, les crues rapides, elle dure *a priori* quelques heures. Elle peut durer plusieurs jours ou semaines pour des évènements comme les crues à cinétique lente ou les séismes avec répliques, voire plusieurs mois ou années dans le cas des sécheresses par exemple. La post-catastrophe commence donc au moment où se termine la survenue de la catastrophe. Dans le cas d'une crise créée par une catastrophe naturelle, on peut considérer que la crise débute à partir de l'alerte, qui peut avoir lieu avant la catastrophe ou concorder avec le début de la catastrophe si l'évènement ne peut pas être anticipé (séisme...). François Dedieu sépare ainsi la phase d'alerte de la situation de crise « post-accidentelle » (Dedieu, 2013). La situation de crise (à ne pas confondre avec la phase d'urgence) durera alors jusqu'à la résolution des principaux impacts de la catastrophe, tant que des moyens supplémentaires seront nécessaires. Cela peut durer plusieurs années. De ce fait, la transition entre la situation de crise et la fin de la reconstruction du territoire n'est pas toujours très nette. Par souci de simplification, nous incluons tout le processus de reconstruction dans le cycle de gestion de crise (cf. § 3.1.2), mais à un certain stade de la reconstruction, la phase aigüe de la crise est normalement terminée.

Les déchets de situation exceptionnelle

Dès lors, qu'est-ce qu'un déchet « post-catastrophe » (ou « post-inondation », « post-cyclonique », etc.) et est-ce la bonne terminologie ? La littérature anglophone parle de « *disaster waste* » ou « *disaster debris* », utilisant plus rarement le terme « *post-disaster* ». En France, le terme légal utilisé est « déchets de situation exceptionnelle » (DSE). On utilise aussi « déchets "issus de" catastrophe ou de situation exceptionnelle ». Devrait-on parler simplement de déchets de catastrophe ? De déchets de crise ? De déchets post-évènement, tout évènement exceptionnel n'entraînant pas forcément une catastrophe ?

Commençons par évacuer l'ambiguïté entre « déchets » et « débris ». Freddy Vinet et al. (2019) préfèrent parler de débris post-catastrophe. Pour eux, le déchet est un résidu de la consommation ou d'une opération de production, produit quotidiennement, alors que le

collectifs et organisationnels » (Dedieu, 2013, p. 212). Sandrine Revet écrit ainsi systématiquement « catastrophe "naturelle" » avec « naturelle » entre guillemets (Revet, 2018). Par souci de simplification nous n'utiliserons pas cette convention, mais les réflexions derrière restent valables.

débris provient de la destruction d'un objet par un agent extérieur, ici un phénomène naturel (Vinet et al., 2019). Cette distinction est intéressante car la loi définit le déchet comme « *toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se débarrasser* » (Article L541-1-1 du Code de l'Environnement). Il y a donc l'idée de volonté de se débarrasser d'un objet, or la catastrophe va forcer à se débarrasser de l'objet. Plus généralement, débris est souvent utilisé pour parler des « gros » déchets, notamment ceux du BTP, et concernent donc plus particulièrement les déchets produits par la catastrophe. Toutefois, comme nous souhaitons ici étudier la gestion de l'ensemble des déchets « post-catastrophe », y compris ceux de la gestion de crise et de la continuité d'activité (voir définition en introduction), nous préférons le terme « déchet ».

Les termes « post-catastrophe » ou « post-événement » sous-entendent que l'on commence à traiter ces déchets une fois la catastrophe ou l'évènement terminé. Or, comme nous l'avons vu ci-dessus, l'évènement peut s'étendre dans le temps. Si l'on peut éventuellement estimer que l'on ne commencera à gérer les déchets produits par la catastrophe qu'une fois l'aléa naturel terminé, les déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité n'attendront pas le retrait des eaux d'une crue lente (par exemple) pour être produits et devoir être collectés.

« Post-catastrophe » implique également qu'il y a eu une catastrophe, or il peut y avoir crise sans catastrophe. On peut par exemple entendre parler de crise lors des grèves des éboueurs dans les grandes villes. Dans ce cas aussi d'ailleurs, l'emploi de déchets « post » - événement semble peu adéquat. Imaginons toutefois qu'on ne s'intéresse qu'à des événements catastrophiques. « Déchet de catastrophe » ne semble renvoyer qu'à la première catégorie, les déchets produits par la catastrophe. On pourrait proposer « déchets catastrophiques » mais il semble alors que ce sont les déchets qui provoquent la catastrophe et non l'inverse. Si ce cas de figure est envisageable (on entend souvent parler des déchets comme d'une « catastrophe écologique »), ce n'est pas vraiment ce qui nous intéresse ici.

L'utilisation du terme « déchets de situation exceptionnelle » paraît donc relativement bien adaptée. Toutefois, bien qu'identifié depuis 2010 et 2011 dans les articles R.541-14⁶ et R.541-

⁶ https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000023268710/2010-12-19/

30⁷ du code de l'environnement sur la planification des déchets non dangereux et dangereux, la définition reste vague. Le Tableau 3 (p. 53) recense les éléments de définition sur les DSE dans divers documents français. En pratique, les situations exceptionnelles considérées, en particulier dans les plans régionaux de prévention et de gestion des déchets (PRPGD), sont des catastrophes naturelles, technologiques (à l'exception des catastrophes nucléaires) ou sanitaires (principalement pandémies), d'où le chevauchement avec le terme « post-catastrophe ».

Seul le PRPGD des Hauts-de-France affine la définition de situation exceptionnelle. Les termes suivants sont associés à une situation exceptionnelle : « *circonstances émergentes* », « *inhabituelles* », « *[ampleur et/ou gravité] méconnues* », « *imprévisible* ». De par sa définition plus large, le plan considère par exemple les grèves comme des situations exceptionnelles.

A noter qu'en France, l'état de catastrophe naturelle peut être déclaré pour des dégâts isolés (une seule maison abimée après un glissement de terrain localisé par exemple). Une catastrophe n'impactera donc pas forcément le système de gestion des déchets.

Ainsi, l'expression « déchets de situation exceptionnelle » (DSE) nous semble la plus appropriée pour regrouper les trois types de déchets mentionnés ci-dessus. Par « situations exceptionnelles », nous entendons toutes les situations qui désorganisent de manière imprévisible une ou plusieurs parties du système de gestion des déchets « en situation normale ». Les situations peu fréquentes mais régulières et prévisibles qui « *mettent en œuvre des processus éprouvés* » (PRPGD Hauts-de-France), comme les grands événements culturels (festivals, foires, rassemblements, etc.), les événements saisonniers (tailles des arbres) ou encore les dépôts sauvages, n'en font pas partie. Sont également exclus les grands projets urbains dits « exceptionnels » (comme par exemple les travaux du Grand Paris) dont la survenue et le déroulé sont prévisibles.

Dans cette recherche doctorale, nous étudions plus spécifiquement des catastrophes naturelles, soit des événements exceptionnels de grande ampleur. Aussi, par abus de langage, nous continuerons également d'utiliser l'expression « déchets post-catastrophe » car c'est la plus usitée, aussi bien dans les sphères académiques qu'opérationnelles. Au vu de ce que nous venons de dire, les expressions « déchets de situation de catastrophe » ou de « déchets de

⁷ https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006839103/2007-10-16/

situation catastrophique » seraient plus appropriées, mais elles ne sont pas employées. On pourra en revanche parler de « gestion des déchets en situation de catastrophe ».

Tableau 3 : Eléments de définition sur les situations exceptionnelles dans les documents officiels

<p>Code de l'environnement - Article R541-16 – version du 23 juin 2021 (§ II)</p> <p><i>« Le plan précise l'identification des installations permettant de collecter et de traiter les déchets produits en situation exceptionnelle, notamment en cas de pandémie ou de catastrophe naturelle, en distinguant ceux dont la production trouve sa cause dans le caractère exceptionnel de la situation et ceux dont la collecte et le traitement peuvent se voir affectés par cette situation. Les précisions concernant l'organisation de la collecte sont coordonnées avec les dispositions relatives à la sécurité civile prises notamment par les communes et leurs groupements. »</i></p>
<p>Plan National de Gestion des déchets 2021-2027 – ministère de la transition écologique et solidaire (2019, p. 27)</p> <p><i>« Les déchets issus de catastrophes naturelles et technologiques, et notamment ceux engendrés par les inondations, sont de toutes nature et sont généralement produits en quantité importante sur une durée courte. »</i></p>
<p>Guide CEREMA (2019) - Prévention et gestion des déchets issus de catastrophes naturelles : de l'anticipation à la gestion (p. 9)</p> <p><i>« Un déchet post-catastrophe naturelle (DPC) est un déchet produit suite à l'apparition soudaine d'un évènement naturel sur le territoire des collectivités, EPCI et communes adhérentes. Ils correspondent aux matériaux, objets et dépôts, qui, à la suite d'une catastrophe naturelle, sont impropres à la consommation, inutilisables en l'état, susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement, la santé humaine, la salubrité publique ou de porter atteinte à la biodiversité. »</i></p>
<p>Guide ADEME - Intégration des déchets en situations exceptionnelles dans les Plans de prévention et de gestion des déchets non dangereux et dangereux (2013, p. 1)</p> <p><i>« Par déchets de situation exceptionnelle ou déchets post-catastrophe, sont entendus tous les matériaux, matières, objets et dépôts qui, à la suite d'une catastrophe naturelle ou technologique, sont impropres à la consommation, inutilisables en l'état, susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement, la santé humaine et la salubrité publique ou de porter atteinte à la biodiversité. »</i></p>
<p>PRPGD Hauts-de-France (2019, p. 86) :</p> <p><i>« Définition : Une situation exceptionnelle désigne des circonstances émergentes, inhabituelles et/ou méconnues en termes d'ampleur et/ou de gravité pour la santé, la société ou l'environnement, qui génèrent une nature ou un afflux inhabituel de déchets. L'évènement peut aussi freiner ou paralyser la collecte et le traitement des déchets. Il peut être bref ou non. Il est souvent d'occurrence imprévisible. Il peut avoir généré des blessés, des malades ou des morts, des mouvements de population, des pénuries (ex : carburant, d'électricité, d'eau, de nourriture), un blocage des transports. Il peut être immédiatement perçu comme d'échelle inhabituelle, ou au contraire jugé bénin, mais, en générant des effets insidieux, s'avère ensuite désastreux.</i></p>

Les déchets issus de ces situations exceptionnelles (dangereux ou non) sont :

-des matières, objets et dépôts, en l'état inutilisables ou impropres à la consommation ou susceptibles d'avoir un impact sur la santé et la salubrité publique ou de porter atteinte à la biodiversité et à l'environnement. Ils sont par exemple issus de la destruction, la submersion ou l'endommagement de biens ou d'infrastructures et de la dégradation de milieux naturels, habités ou cultivés.

-des déchets normaux, qu'on ne peut plus collecter ou traiter suite à la situation exceptionnelle.

Pour mémoire, le périmètre du PRPGD exclut les déchets radioactifs et ceux issus d'un éventuel conflit militaire ou d'une crise de santé publique à long terme (de type sang contaminé, ESB/vache folle). Il en va de même pour l'élimination des cadavres animaux en cas d'épidémie zoonotique ; ces situations sont gérées par l'Etat. Il ne traite pas non plus d'évènements prévisibles (ex : braderie de Lille, carnaval de Dunkerque, festivals, etc...) qui mettent en œuvre des dispositifs éprouvés. »

Discussions autour du statut et de la propriété du déchet de situation exceptionnelle

Outre ces questions de terminologie, le déchet post-catastrophe amène aussi des discussions sur sa propriété et son statut.

A qui appartient le déchet post-catastrophe ?

L'article L.541-1-1 du code de l'environnement définit les producteur·rices de déchets comme « *toute personne dont l'activité produit des déchets (producteur initial de déchets) ou toute personne qui effectue des opérations de traitement des déchets conduisant à un changement de la nature ou de la composition de ces déchets (producteur subséquent de déchets)* » et les détenteur·rices de déchets comme « *producteur des déchets ou toute autre personne qui se trouve en possession des déchets* ». Tout·e producteur·rice ou détenteur·rice de déchet est tenu·e d'en assurer ou d'en faire assurer la gestion, dans le respect des normes en vigueur, jusqu'à l'élimination ou la valorisation finale du déchet.

Or, la plupart des catastrophes naturelles mélangent et déplacent les déchets. Ces derniers peuvent parcourir des dizaines de kilomètres le long des cours d'eau, voire bien plus s'ils atteignent la mer. Après le tsunami de 2011 au Japon, cinq millions de tonnes de déchets seraient partis dans l'Océan Pacifique, dont environ 3,5 millions de tonnes auraient coulé rapidement et le reste serait parti à la dérive, jusqu'en Alaska (Beraud et al., 2019a).

Ces déplacements posent la question de la propriété du déchet et de la responsabilité de la gestion. Il devient difficile voire impossible d'identifier les producteur·rices de déchet. Dans ce cas, qui doit en assurer la gestion, et surtout, qui doit payer ? Les inondations de la Roya

ont par exemple charrié des déchets depuis la France jusqu'en Italie. Les autorités italiennes souhaitent que ces déchets soient gérés par la France, productrice des déchets. Les autorités françaises ont répondu qu'elles n'avaient pas le droit d'intervenir en dehors de leur territoire. A des échelles moindres, des conflits existent également lorsque des déchets sont transportés sur des terrains privés.

Le déchet post-catastrophe présente en cela des points communs avec les déchets sauvages, définis par Denis Blot comme des déchets qui échappent au système de gestion en place, des déchets qui ne sont pas à leur place. Pour l'auteur, ces déchets deviennent sauvages quand le système économique qui transforme les déchets en ressource fait défaut, que le système soit public ou privé, institutionnalisé ou informel. Il faut alors une forte mobilisation morale ou politique pour que leur prise en charge compense le manque d'intérêt économique (Blot, 2015). On peut avoir les mêmes conclusions pour les déchets post-catastrophe : après la tempête Alex, la marine est intervenue pour ramasser les plaques de déchets flottants autour de Nice car elles représentaient un danger pour la navigation ; les communes littorales qui avaient le moins de déchets sur leurs plages ont attendu la préparation de la saison touristique estivale pour les ramasser.

D'après le CEREMA, « *dans le cas d'une catastrophe naturelle, la commune est productrice et détentrice des déchets. Elle doit mettre en place la collecte des déchets des ménages sans nuire à la salubrité publique. Le maire reste la personne responsable de la gestion des déchets de situations exceptionnelles qu'il s'agisse de déchets dangereux et non dangereux* » (CEREMA, 2019, p. 12). Cette compétence ayant été transférée aux intercommunalités, la responsabilité de la gestion des déchets ménagers post-catastrophe reviendrait donc aux intercommunalités. Toutefois, en fonction de la taille de la structure intercommunale de gestion des déchets ménagers et de l'ampleur de la catastrophe, les moyens humains, financiers et techniques des intercommunalités peuvent être largement dépassés. Ce fut le cas pour la CARF (Communauté d'Agglomération de la Riviera Française) dans la Roya après la tempête Alex. A l'inverse, la MNCA (Métropole Nice Côte-D'Azur), responsable de la gestion des déchets ménagers dans les vallées de la Tinée et de la Vésubie, s'en est mieux sortie. En 2010, lors de la tempête Xynthia, Trivalis, syndicat départemental de gestion des déchets en Vendée, a pu déployer des moyens de traitement beaucoup plus importants que les communautés de communes impactées en Charente-Maritime (Robin des Bois, 2010).

Un déchet sentimental ?

On peut également se demander ce qui fait déchet. Il y a, derrière la mise en rebut, une idée d'*abandon* (Barles, 2005). La définition légale parle d'*intention de se défaire* d'un bien. Or dans le cas présent, c'est la catastrophe qui oblige à se défaire de ses biens. Les sinistré-es perdent, outre leurs biens matériels, les souvenirs qui y sont rattachés. On trouve ainsi souvent une importance particulière accordée à la récupération par les bénévoles d'objets du quotidien, de photos⁸ ou autres souvenirs. Si ces efforts peuvent sembler une perte de temps au vu de la quantité de déchets à traiter, ils se montrent essentiels pour le recouvrement psychologique des populations, aussi bien du côté des sinistré.es que des bénévoles impliqué.es (Asari et al., 2013; Brown et al., 2011). Après la tempête Alex, les objets personnels ramassés sur les plages de Saint-Laurent-du-Var ont été récupérés et triés par une association et stockés dans des locaux fournis par la mairie. L'association a mis des photos sur internet pour que les sinistré-es puissent récupérer leurs biens. De même, certains débris de monuments historiques, qui seraient utilisés en remblais s'il s'agissait d'autres bâtiments, entraînent des actions particulières pour la conservation culturelle du lieu. Cela a notamment été le cas après le séisme de Friuli (Italie) en 1976, où un des objectifs de la reconstruction de la ville de Venzone était de reconstruire le centre historique avec le maximum de matériaux d'origine. Il a fallu pour cela collecter et identifier lesdits matériaux pour leur traitement et récupération (Faleschini et al., 2017).

A l'inverse, lors d'une participation à une journée de nettoyage de la Vésubie, les bénévoles priorisaient souvent le ramassage du bois (considéré par les gestionnaires du parc du Mercantour comme un facteur de biodiversité) sur d'autres déchets *a priori* moins « naturels » (barres de fer, câbles, etc.). Les branches et arbres déracinés, présents en grande quantité et très visibles, leur rappelaient en fait les effets de la catastrophe et n'avaient pour ces habitant-es rien à faire ici.

1.1.2. Adaptation et résilience des réseaux techniques

Impacts sur les systèmes techniques urbains : propagation etc.

Les premiers impacts considérés après une catastrophe sont les impacts directs sur les populations : décès, disparition, blessures, etc. Il faut organiser l'évacuation et le relogement

⁸ A ce sujet, voir le film « La Famille Asada » de Ryôta Nakano (2023) qui s'attarde sur l'histoire d'un groupe de bénévoles récupérant et nettoyant des photos après le tsunami de 2011 au Japon.

des populations, la recherche des disparues, les soins aux victimes. Après ces premières mesures d'urgence, l'attention peut se porter sur les dégâts sur les systèmes urbains.

Aujourd'hui, 55% de la population mondiale vit en zone urbaine (75% en Europe). Par conséquent, les systèmes techniques urbains, tels que les réseaux de transport, d'eau, de déchets ou d'énergie, sont essentiels à la vie de milliards de personnes. Pourtant, ils sont vulnérables aux aléas naturels, comme l'ont montré récemment les conséquences désastreuses des inondations de l'été 2021 en Belgique et en Allemagne. L'étalement des réseaux urbains et leur interconnexion profonde augmentent le risque de propagation des impacts.

Par exemple, une inondation pourra être propagée par le réseau d'assainissement, touchant ainsi des zones qui ne sont pas inondées directement par la crue. De même, un impact sur le réseau électrique pourra se répercuter sur la distribution de zones éloignées de la catastrophe : la ruine d'un pylône dans un champ peut entraîner la rupture de l'alimentation électrique d'une ville éloignée de plusieurs kilomètres.

Outre ces propagations géographiques, l'interdépendance des réseaux peut également amener à une propagation des dysfonctionnements d'un réseau à un autre : arrêt des transports guidés suite à une coupure d'électricité, blocage des voiries par les déchets, etc.

Si ces interdépendances et cet étalement géographique sont sources de propagation du risque et donc de la vulnérabilité des infrastructures, elles peuvent également être des facteurs de résilience. Le système de gestion des déchets n'échappe pas à ces phénomènes de propagation. Ainsi, la tempête Alex a eu un impact relativement local, mais les autorités régionales (Région et DREAL) craignent un endommagement de l'incinérateur de Nice, qui traite les déchets pour plusieurs départements. Son dysfonctionnement prolongé entraînerait des accumulations de déchets en amont sur un territoire beaucoup plus important. A l'inverse, la tempête Xynthia en Vendée a montré que Trivalis pouvait s'appuyer sur un réseau d'installations de traitement départemental, qui a permis d'évacuer les déchets en dehors de la zone impactée, facilitant la gestion des déchets après la tempête (Beraud et al., 2013).

La résilience des réseaux techniques urbains

De plus en plus de travaux s'intéressent donc à la résilience des réseaux techniques urbains. De nombreuses définitions et outils autour de la résilience ont été développés. Nous

chercherons simplement à en introduire les grands traits, cette thèse s’inscrivant dans les travaux sur la résilience du système de gestion des déchets, sans mobiliser particulièrement le concept.

Historiquement, la première discipline à s’intéresser à la résilience est la psychologie. Le terme définit alors la résilience comme la capacité d’un individu à se remettre d’évènements perturbateurs. Pour les sciences physiques, la résilience d’un matériau, assimilée à sa plasticité ou sa souplesse, est sa capacité à emmagasiner de l’énergie et à la dissiper par déformation élastique, sans se briser ou se déformer. Viennent ensuite les sciences écologiques, où la résilience d’un écosystème est une capacité dynamique d’absorption et de réorganisation face à des perturbations pour conserver ses fonctions. Les sciences sociales définissent elles la résilience comme la capacité d’un groupe social à supporter des évènements perturbateurs externes. Enfin, la science des risques assimile la résilience à une résistance, une robustesse, une fiabilité face à l’imprévu. Les définitions de la résilience sont donc multiples et évoluent avec le temps (Gonzva, 2017).

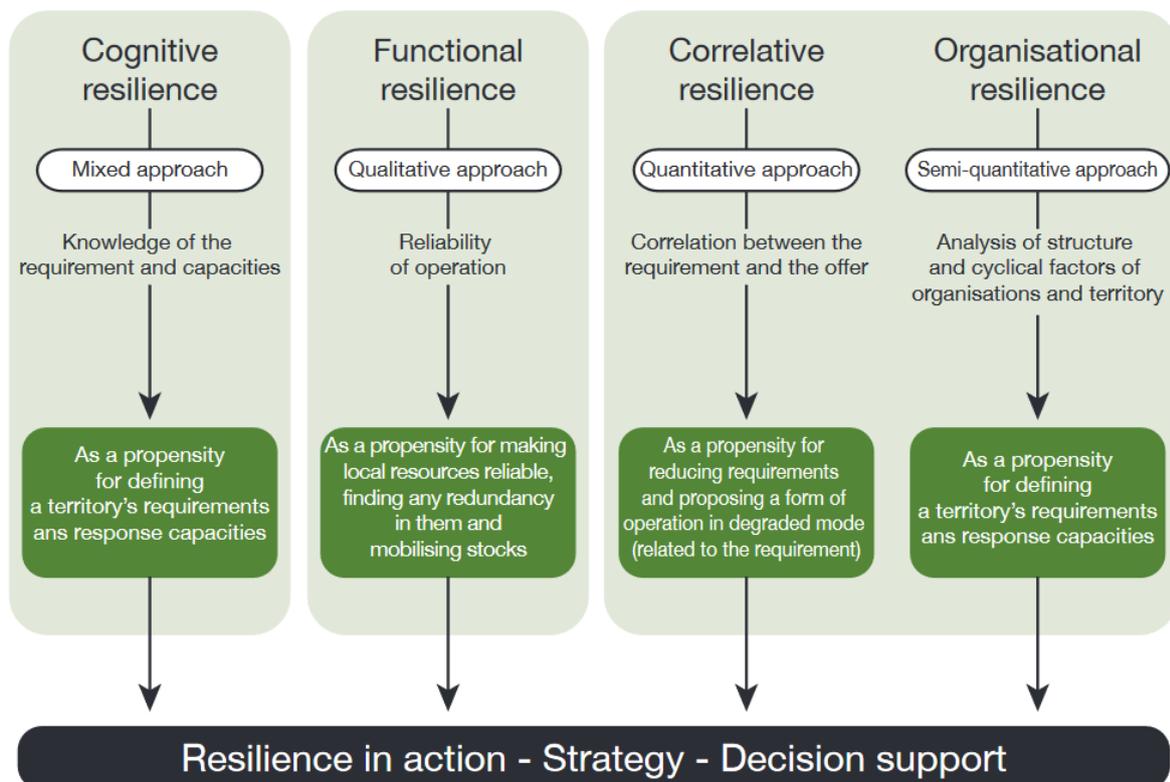


Figure 2 : Modèle conceptuel de résilience "Behind the Barriers" (Barroca and Serre, 2013)

Bruno Barroca et al. (2012) proposent trois niveaux de résilience pour étudier la résilience d'un système urbain, vu comme un système de systèmes complexes (Figure 2, p. 58) :

- **La résilience fonctionnelle** s'inspire du principe de la modélisation fonctionnelle utilisée en sûreté de fonctionnement (nous revenons sur la sûreté de fonctionnement au § 3.2.2). C'est la capacité du système à maintenir son service pour le fonctionnement du système urbain.
- **La résilience corrélative** est la capacité du système à s'adapter à la situation et à réduire le besoin. Elle naît de la difficulté d'assurer la résilience fonctionnelle du système.
- **La résilience territoriale** correspondant à la capacité du système à mobiliser un territoire plus large pour assurer son fonctionnement (même en mode dégradé).

Un quatrième niveau a été ajouté suite à l'adaptation de ces trois leviers d'actions par Hélène Beraud (2013) pour étudier la résilience du système de gestion des déchets : **la résilience cognitive**. Elle pointait notamment le fait que la résilience corrélative, qui consiste à mesurer si le système urbain peut diminuer sa sollicitation sur l'infrastructure urbaine, n'était pas très adaptée pour le service de gestion des déchets. En effet, après une catastrophe naturelle (à l'exception des canicules, sécheresses et incendies), les quantités de déchets, et donc la pression sur le service de gestion des déchets, sont multipliées. Elle a défini à la place la résilience cognitive comme « *la capacité du service à connaître le besoin du système urbain en termes de gestion des déchets, c'est-à-dire l'évolution de la production de déchets en période de post-[catastrophe]* » (Beraud, 2013, p 161). Ce levier consiste donc à « *caractériser et quantifier l'évolution de la production de déchets* ». Comme le montre la Figure 3 (p. 60), il doit être activé avant les deux autres leviers.

On retiendra ici que la résilience correspond à la capacité d'un système ou d'une société à se remettre d'une catastrophe, à s'adapter. La gestion des catastrophes s'intéresse de plus à plus à ce concept qui met en avant notamment l'adaptation, la prévention et la préparation face aux catastrophes.

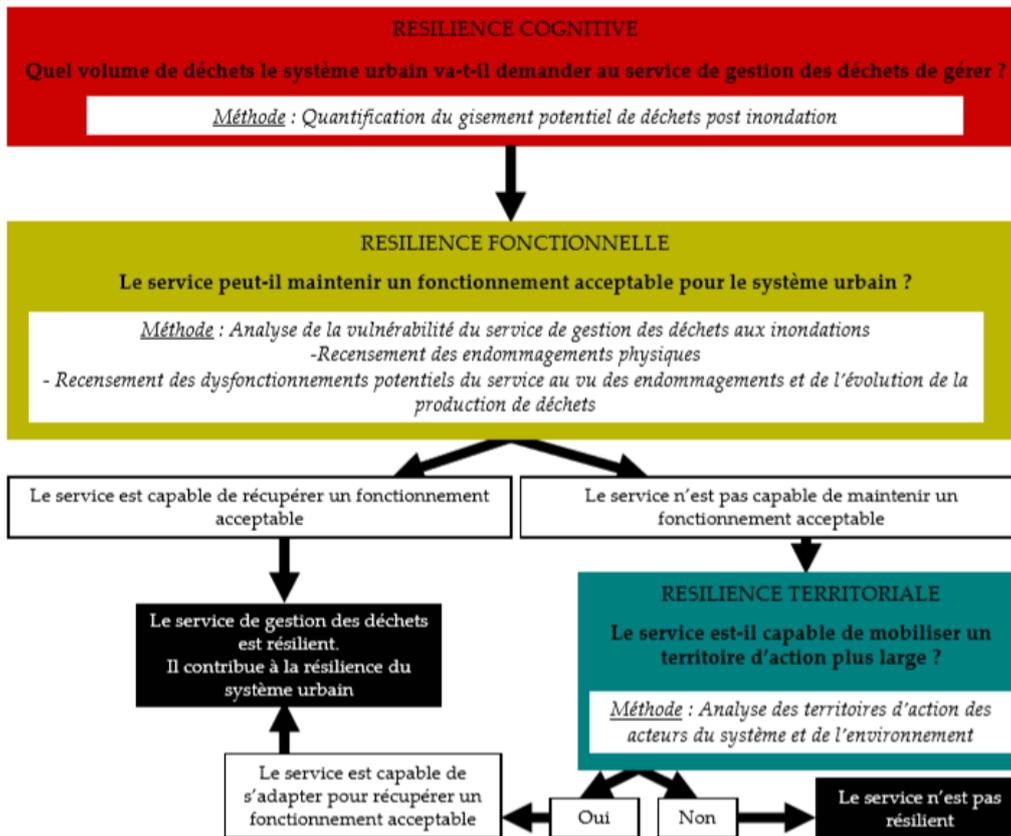


Figure 3 : Lien entre les types de résiliences pour le système déchets (Beraud, 2013)

1.1.3. Organisation de la gestion des catastrophes

Organisation de la gestion des catastrophes : risque, crise et post-catastrophe

Afin de mieux comprendre ces travaux de thèse, il est important de s'attarder sur l'organisation de la gestion des catastrophes. L'usage de cette expression n'est pas très répandu. On l'utilisera dans ce manuscrit pour parler à la fois de la gestion (et de la prévention) des risques et de la gestion de crise, plutôt axée sur la réponse à une catastrophe.

On présentera ici l'organisation de la gestion des catastrophes, et notamment de crise, en France, mais la structure est similaire dans de nombreux pays.

La gestion des risques est axée sur la prévention des risques. L'objectif idéal est de supprimer l'aléa, ou à défaut de tenter de réduire son ampleur (Dauphiné and Provitolo, 2013). C'est toutefois difficile à envisager pour les risques dits naturels, c'est donc la réduction de la vulnérabilité qui est visée. Il existe des mesures physiques et organisationnelles. Les premières se structurent en France autour des plans de prévention des risques (PPR) : digues, bassins de rétention, normes de construction parasismiques ou para-cycloniques, interdictions de construction en zone à risque, etc. Les secondes concernent la surveillance des aléas

(prévisions météorologiques, suivi des tempêtes ou des débits des cours d'eau, etc.) et la sensibilisation des populations, qui passe par exemple par les documents communaux d'informations sur les risques majeurs (DICRIM).

La gestion de crise, centrée autour du dispositif ORSEC (Organisation de la réponse de sécurité civile) (Figure 4, p. 61), concerne surtout la préparation et la gestion de la phase d'urgence après une catastrophe, et peut éventuellement être étendue à la phase de relèvement (Beraud, 2013)⁹. Le dispositif ORSEC se base sur le principe de gestion de crise au plus petit échelon possible (en partant de la commune), l'échelon supérieur étant mobilisé lorsque les capacités de gestion du précédent sont dépassées. Il implique la réalisation d'un certain nombre de plans : plans communaux ou intercommunaux de sauvegarde (PCS ou PICS), plans particuliers d'interventions (PPI), etc. Lors du déclenchement du dispositif, une cellule de crise, appelée centre opérationnel départemental (COD) est ouverte sous la direction du / de la préfet-ète, afin de coordonner l'actions des différents acteurs impliqués.



Figure 4 : Schéma de l'organisation des secours (ministère de l'intérieur, 2019)

La phase de reconstruction est surtout traitée à travers les processus d'indemnisation et n'a pas de plan spécifique. Le fonds de prévention des risques naturels majeurs, créé par la loi

⁹ Les six phases de la gestion de crise choisies pour l'analyse seront détaillées au § 3.1.2 mais il peut être utile de les mentionner dès maintenant : situation fonctionnelle, pré-catastrophe, catastrophe, urgence, relèvement, recouvrement.

n°95-101 du 2 février 1995, dit fonds Barnier, permet aux collectivités de racheter des biens endommagés par une catastrophe naturelle pour rendre le terrain inconstructible (DGPR, 2021). Les particuliers qui possèdent une assurance sont couverts par la garantie CatNat (catastrophe naturelle) lorsque l'état de catastrophe naturelle a été reconnu sur leur commune. Elle prend en charge les dommages matériels directs aux bâtiments, au matériel et au mobilier ; les honoraires d'architecte, de décorateur, de contrôle technique ; les frais de démolition et de déblais des biens assurés sinistrés ; les dommages imputables à l'humidité ou à la condensation consécutive à la stagnation de l'eau dans les locaux ; les frais de pompage, de nettoyage et de désinfection des locaux sinistrés et toute mesure de sauvetage ; les frais d'études géotechniques nécessaires à la remise en état des biens garantis ; les véhicules assurés endommagés¹⁰. Le fonds de solidarité européenne, instauré en 2002, permet lui de financer les actions suivantes après une catastrophe naturelle majeure :

- *« La remise en fonction immédiate des infrastructures et des équipements dans les domaines de l'énergie, de l'eau potable, des eaux usées, des télécommunications, des transports, des soins de santé et de l'enseignement;*
- *La mise en œuvre de mesures provisoires d'hébergement et la prise en charge des services de secours destinés aux besoins de la population touchée;*
- *La sécurisation immédiate des infrastructures de prévention et la protection du patrimoine culturel;*
- *Le nettoyage des zones sinistrées, y compris des zones naturelles;*
- *L'assistance rapide, notamment médicale, à la population touchée par une urgence de santé publique majeure et la protection de la population contre le risque d'être touchée. »* (source : parlement européen¹¹).

Quelles places pour les déchets dans cette organisation ?

Les déchets sont très peu considérés en gestion des catastrophes. Pourtant, leur impact est loin d'être négligeable. Premièrement, sur la gestion de l'urgence en elle-même : les déchets, en encombrant les routes, bloquent la progression des secours (Brown et al., 2011). De même, ils vont ralentir la réparation et la remise en route des autres réseaux techniques, toujours en encombrant les routes qui permettent d'acheminer le matériel et les moyens humains, mais aussi en encombrant directement les réseaux, notamment les voix d'eaux ou les réseaux ferrés. A cela s'ajoute des enjeux sécuritaires liés à la dangerosité des déchets : ils peuvent

¹⁰ <https://catastrophes-naturelles.ccr.fr/garantie-cat-nat>, consultée le 30/08/2023

¹¹ <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fr/sheet/97/le-fonds-de-solidarite>, consultée le 28/08/2023

devenir des projectiles ou favoriser les départs d'incendie via des produits potentiellement inflammables ou explosifs ou des formations de gaz dans des dépôts mal contrôlés (Vinet et al., 2019). Les coûts de la gestion de ces déchets sont très élevés, de l'ordre d'un tiers du coût total du redémarrage du territoire (FEMA, 2007).

Les risques sanitaires et environnementaux sont également élevés. Ces risques sont globalement les mêmes que pour les déchets en situation normale, mais accentués par les grandes quantités de déchets, leur éparpillement, et le dysfonctionnement du service de gestion.

Au niveau sanitaire, les tas de déchets peuvent propager des maladies, via la propagation de microbes, de virus, de nuisibles ou encore de moisissures, en particulier en cas de déchets humides ou à l'inverse de déchets organiques exposés à des fortes chaleurs. Ils ont également un impact psychologique important sur les populations sinistrées, qui voient leur lieu de vie transformé et leurs biens personnels détruits. Des déchets dangereux sont également éparpillés dans les milieux urbains et naturels. Outre les risques sanitaires, ces déchets polluent les eaux, l'air et les sols en se répandant lors de la catastrophe ou à cause d'une mauvaise gestion a posteriori (brûlage à l'air libre par exemple).

Des impacts environnementaux peuvent également découler de l'endommagement du système de gestion des déchets sur le long terme. Outre les modifications de quantité et de qualité des déchets, ces impacts sont de plusieurs natures :

- **Endommagement des installations.** Les catastrophes naturelles sont des causes potentielles d'endommagement des installations de traitement des déchets. En 2017, à Saint-Martin, l'unique centre de traitement de l'île, l'éco-site de Verde¹², a été fortement impacté par la tempête. L'ouragan a endommagé le broyeur, la presse à ferraille et la presse à balles submergée et recouvert la route de plusieurs mètres de sable. En novembre 2018, plus d'un an après la tempête, la presse à balle carton et plastique et le broyeur à verre n'étaient toujours pas réparés (Beraud et al., 2019a). L'entièreté de la gestion des déchets de l'île se voit donc fortement ralentie. D'anciennes installations de stockage peuvent également être impactées. Beaucoup

¹² L'éco-site regroupe un centre d'enfouissement, de tri, de transfert, de regroupement et de compostage des déchets

de décharges, notamment les vieilles décharges communales installées dans des endroits peu adéquats (berges, lagunes), sont sapées et s'ouvrent lors de violentes inondations. Ce fût le cas en janvier 2020 à Céret (Pyrénées-Orientales) après le passage de la tempête Gloria. Après ce genre d'évènements, il faut purger le site et essayer de trier les déchets pour les renvoyer vers les circuits conventionnels, mais cela coûte plusieurs milliers d'euros aux collectivités (source : entretien responsable déchets de la région Occitanie). L'endommagement des installations est d'autant plus probable que de nombreuses installations de traitement sont construites en zones inondables, du fait de la compétition pour l'usage des sols, en particulier dans les zones densément peuplées.

- **Endommagement des moyens de collecte.** Les moyens de collecte (camions, bennes, etc.) peuvent également être impactés. Consciente de ces risques, Dracénie Provence Verdon agglomération prévoit la mise à l'abri de ses camions de collecte, stationnés en zone inondable, en cas d'alerte inondation.
- **Saturation du système.** Les quantités considérables de déchets produites par les catastrophes viennent saturer des systèmes déjà bien encombrés, notamment en termes d'enfouissement. C'est la crainte de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, dont les capacités d'enfouissement sont déjà saturées. C'est également une préoccupation au Japon, où la densité de population limite fortement les espaces de stockage disponibles (Hayashi and Katsumi, 1996). Avant le grand tremblement de terre d'Hanshin-Awaji, les sites d'enfouissement de Kobe avaient une capacité restante de 15 million m³, prévue pour éliminer les déchets des 10 prochaines années. Cette capacité a été utilisée en un an pour enfouir les déchets du séisme (Lauritzen, 1998). Cette surutilisation est due d'une part à la surproduction de déchets par la catastrophe, et d'autre part au mélange des déchets, qui ne peuvent pas partir dans les filières de recyclages et sont donc enfouis. Ce mélange des déchets crée également des risques environnementaux. Après l'ouragan Katrina, des déchets contaminés ont été envoyés dans des centres d'enfouissement non prévus pour recevoir des déchets dangereux (Luther, 2008).

La saturation du système peut aussi avoir lieu au niveau de la collecte, ce qui peut entraîner une baisse du service dans les zones non sinistrées. En effet, pour répondre aux besoins importants dans les zones sinistrées, certain-es gestionnaires font le choix

de fonctionner en mode dégradé dans les zones non impactées. C'est ce qu'a fait la MNCA (Métropole Nice Côte-D'Azur) après la tempête Alex, en arrêtant les collectes en porte-à-porte sur certaines zones afin de concentrer ses moyens sur les zones impactées.

Les déchets dans les retours d'expérience

Après une catastrophe, des retours d'expérience (REX) sont réalisés par les acteurs impliqués : services de l'état, opérateurs réseaux, etc. A notre connaissance, peu de REX globaux sur la gestion des déchets post-catastrophe ont été réalisés en France. Parmi eux, on trouve notamment les deux retours d'expérience Robin des Bois / Ademe sur la tempête Xynthia (Robin des Bois, 2010) et Robin des Bois / ANR DéPOs sur l'ouragan Irma (Robin des bois, 2018), ainsi qu'un troisième GEIDE / Robin des Bois sur les crues des bassins amonts de la Seine et de la Loire en 2016 (GEIDE and Robin des bois, 2017).

Des retours d'expérience internes, plus ou moins formalisés, sont parfois réalisés par les opérateurs. On peut citer par exemple Trivalis après la tempête Xynthia (Trivalis, 2010), les retours d'expérience réalisés régulièrement par Ecosystem (voir § 4.1.1, p. 177), les retours d'expérience post-inondation de Dracénie Provence Verdon agglomération (DPVA) qui incluent tous les services, y compris déchets (source : entretien DPVA, septembre 2021).

Il y a en revanche peu d'éléments sur les déchets dans les retours d'expérience réalisés par les services de l'Etat. A titre d'exemple, on ne trouve pas de mention des termes « déchet » ou « débris » dans les rapports sur la tempête Xynthia (Mission interministérielle, 2010a) ou sur les inondations du Var (Mission interministérielle, 2010b), deux événements qui ont pourtant fortement mobilisé les acteurs déchets. On peut supposer que les déchets sont absents de ces documents car ces REX portent sur l'ensemble de la crise et que les pratiques passées ne prenaient pas en compte les déchets. On trouve en revanche un paragraphe dédié dans le retour d'expérience des inondations de 2015 dans les Alpes Maritimes (Préfecture des Alpes Maritimes, 2015) (Tableau 4, p. 66), ainsi qu'une prise en compte dans le rapport du délégué interministériel à la reconstruction des îles de Saint-Barthélemy et Saint-Martin après l'ouragan Irma (Gustin, 2017), qui peuvent témoigner d'un début de prise en compte du sujet (Tableau 5, p. 66).

Tableau 4 : Extrait du retour d'expérience des inondations des 3 et 4 octobre 2015 dans les Alpes Maritimes (Préfecture des Alpes Maritimes, 2015, p. 42)

2.4 La gestion des déchets issus de la catastrophe

Les inondations causées par les pluies torrentielles du 3 octobre ont généré une quantité considérable de déchets de toute nature.

Les services de l'État ont mené une opération de temporisation qui a consisté à inviter les opérateurs publics et privés chargés de la gestion des déchets du département à faire usage de la rubrique ICPE 2719 dédiée, sous le régime de la simple déclaration, au transit temporaire de déchets issus de catastrophes naturelles. Grâce à cette temporisation, la quantité de déchets supplémentaires au gisement habituel issus des inondations à traiter en installations de stockage (ISDND) et en incinération (du fait de la saturation des filières de valorisation locales habituelles) a pu être limitée.

En réponse à la saturation des centres de tri et de transit des Alpes Maritimes, et au titre de la solidarité interdépartementale, une capacité de 10 000 t réservée à ces déchets a été autorisée sur l'ISDND de Martigues par le préfet des Bouches-du-Rhône le 13 octobre, avec l'accord du président de la CAPM. Il est à noter que le centre de tri du Var de Fréjus exploité par SOFOVAR a aussi été mis à profit, et que leurs refus ne sont pas acheminés dans les ISDND du Var mais bien sur celle de Martigues, dans le respect des plans de prévention et de gestion des déchets en vigueur dans les différents départements concernés. On peut noter que le centre de tri exploité par ONYX à La Seyne-sur-Mer (groupe VEOLIA) ne s'est pas mobilisé.

Au titre du retour d'expérience, on peut noter que la nécessité de créer une ISDND dans ce département (comme prévu dans le plan départemental de prévention et de gestion des DND en vigueur) devient de nouveau prégnante, de même qu'améliorer la planification de la gestion des déchets issus de catastrophes naturelles.

Une ISDND implantée dans le département en complément de centres de transit et de tri existants permettrait de réduire les coûts de gestion des déchets d'une telle catastrophe naturelle à l'avenir, ainsi que la problématique des mâchefers (110 000 t produites chaque année par les deux incinérateurs précités). La création d'une installation de maturation des mâchefers est aussi à l'étude.

Tableau 5 : Proposition sur les déchets dans le rapport « Repenser les Iles du Nord pour une reconstruction durable » (Gustin, 2017, p. 34)

Synthèse des propositions du rapport

[...]

Sur les questions relatives aux relations avec la partie néerlandaise (Saint- Martin) :

[...]

19) Elaborer des projets de construction d'équipements d'infrastructures communs dans le domaine de la gestion des déchets, de l'assainissement ou des réseaux.

1.2. Les déchets post-catastrophe

1.2.1. Les déchets post-catastrophe, un domaine d'étude peu structuré

Historique : une préoccupation récente, qui se développe après des grandes catastrophes

Les travaux sur les déchets post-catastrophe sont assez récents : une quinzaine d'années en France, une trentaine dans les pays les plus avancés.

En France, les premiers travaux ont été portés par le GEIDE (Groupement d'Expertise et d'Intervention Déchets post-catastrophe), une association loi 1901 à but non lucratif fondée en 2006 par Robin des Bois, l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), la FEDEREC (Fédération des entreprises du recyclage), la FNADE (Fédération nationale des activités de dépollution et de l'environnement) et la FNSA (Fédération nationale des syndicats de l'assainissement et de la maintenance industrielle)¹³ suite notamment au tsunami de l'océan Indien de 2004. Un groupe de travail sur les déchets post-catastrophe a été mené lors des travaux de préparation du premier Grenelle de l'environnement en 2008 (Groupe déchet post-catastrophe, 2008). Par la suite, la tempête Xynthia, qui a produit l'équivalent de 12 années « normales » de collecte sur les communes sinistrées (Robin des Bois, 2010), a fortement éveillé les consciences sur le sujet. Des guides sur la gestion des déchets post-inondation (Beraud et al., 2012b; CEPRI, 2012) et post-catastrophe (ADEME, 2013; CEREMA, 2019, 2014) ont été réalisés. Une première thèse est consacrée à la résilience du système de gestion des déchets aux inondations (Beraud, 2013). En 2017, les déchets de l'ouragan Irma font l'objet de travaux de recherche approfondis, notamment au sein du projet ANR DéPOs (Déchets Post-ouragan) (Beraud et al., 2019a; Robin des bois, 2018; Ruas et al., 2021).

En 2013, le nouveau cadre législatif sur la planification des déchets prévoit que les plans de prévention et de gestion des déchets non dangereux, alors portés par les conseils départementaux, et des déchets dangereux, portés par les conseils régionaux, comprennent des éléments sur les déchets de situations exceptionnelles. A la suite du transfert de la compétence planification des déchets en 2015 dans la cadre de la loi NOTRe, l'obligation est faite aux Régions d'intégrer dans leur plan de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) un volet « déchets issus de situation exceptionnelle ». En 2019, la plupart des régions avaient

¹³ <https://geide.asso.fr/>

ainsi intégré ce volet, mais de manière sommaire sans que de réels travaux ne soient menés sur la question, fautes de connaissances, de temps et de moyens. Certaines régions sont toutefois un peu plus proactives sur la question : les régions d’outre-mer, notamment la Guadeloupe et la Martinique, situées sur des territoires soumis à de forts risques naturels, notamment d’ouragans et de tsunamis ; la région Ile-de-France, située en territoire inondable et dont la forte densité de population augmente les enjeux ; et la région Provence-Alpes-Côte d’Azur, dont le territoire subit régulièrement des inondations importantes, avec récemment les crues de la Roya, de la Vésubie et de la Tinée après la tempête Alex (2020).

Malgré cela, les modifications législatives et organisationnelles sont assez lentes. Sur les 23 recommandations émises en 2008 par le groupe de travail sur les déchets post-catastrophe pour la préparation de la loi Grenelle (16 sur la prévention, trois sur la gestion, trois sur le suivi des déchets post-catastrophe et une pour la réalisation d’un guide), seules six ont été mises en place, de manière plus ou moins complète (Tableau 6, p. 68).

Tableau 6 : Recommandations du groupe de travail sur les déchets post-catastrophe de 2008 qui ont été adoptées

Recommandation du groupe de travail (Groupe déchet post-catastrophe, 2008)	Modalités de mise en œuvre	Date
<p>P5 - Intégrer les déchets post-catastrophe dans les PDEDMA, dans les PREDD, dans les PDBTP, en y incluant le recensement des lieux de transit, d’entreposage provisoire, de regroupement, de tri, de recyclage et de traitement géographiquement et techniquement disponibles. Un état des capacités d’accueil de ces sites sera tenu périodiquement à jour. Afin de tenir compte du rayon d’influence variable des événements considérés, cette proposition peut être déclinée au niveau interdépartemental ou interrégional. Cet inventaire des sites déchets post-catastrophe doit être complété par un annuaire mis à jour des intervenants dans le domaine de la gestion des déchets y compris les représentants des éco-organismes et annexé aux plans ORSEC spécifiques.</p>	<p>Obligation d’inclure un volet déchets issus de situations exceptionnelles dans les plans déchets.</p> <p>Tous les points de la recommandation ne sont pas respectés.</p>	<p>2013</p>
<p>P6 - Appuyer le projet de rubriques encadrant le transit, regroupement et tri des déchets issus de catastrophes ou d’accidents (rubriques 2711, 2712, 2713, 2714, 2715, 2716 et 2717) avec un seuil déclaration</p>	<p>La rubrique ICPE 2719 instaurée par le décret n° 2010-369 du 13/04/10 modifiant la nomenclature des installations classées répond à ces deux recommandations.</p>	<p>2010</p>

<p>P7 - Prévoir des arrêtés spécifiques d'autorisation pour que les sites adaptés de traitement des déchets soient immédiatement disponibles.</p>		
<p>P14 - Prévoir dans les agréments des éco-organismes l'obligation de reprise en l'état des produits endommagés par la catastrophe lorsque ceux-ci ont été préalablement extraits et triés et ne font pas l'objet d'une contamination chimique ou radioactive d'origine externe.</p>	<p>Les cahiers des charges des éco-organismes incluent petit à petit cet élément. Par exemple 2014 pour les DEEE : Arrêté du 2 décembre 2014 relatif à la procédure d'agrément et portant cahier des charges des éco-organismes de la filière des déchets d'équipements électriques et électroniques ménagers en application des articles R. 543-189 et R. 543-190 du code de l'environnement</p>	<p>2014 pour les DEEE</p>
<p>P15 - Envisager l'exonération de la TGAP sur les déchets post-catastrophe pour les collectivités. Dans le même souci de cohésion nationale et de solidarité, des mécanismes devraient être mis au point pour que les coûts de prise en charge, de transport et de traitement des déchets soient inférieurs à ceux pratiqués en routine et les transports de ressources humaines et de matériels mis en œuvre par des sociétés de traitement des déchets après des catastrophes dans les territoires d'Outre-Mer devraient être cofinancés par des fonds publics.</p>	<p>Exonération de la TGAP sur les déchets issus de catastrophe naturelle depuis la loi n° 2010-1658 du 29 décembre 2010 de finances rectificative pour 2010.</p>	<p>2010</p>
<p>4 – Guide méthodologique : déchets et catastrophe Des recommandations de ce groupe de travail pourraient être explicitées dans un guide méthodologique à l'attention des services de l'Etat, des élus, employés municipaux, services techniques, membres des réserves communales de sécurité civile, organes spécialisés et associations. Il devra être accessible à tous et mis à disposition sur la plate-forme documentaire. L'objectif de ce guide serait d'entrer dans la pratique de chacune des propositions retenues et de rédiger les recommandations de prévention, de gestion, de protection individuelle et de suivi des déchets. Il contiendrait donc un ensemble d'informations, de consignes et de fiches-réflexe attachées à chaque typologie d'évènement et à destination de chaque catégorie de population et d'activités vulnérables et potentiellement génératrices de déchets. Une attention particulière serait portée</p>	<p>Guide ADEME (2013) : <i>Intégration des déchets en situations exceptionnelles dans les Plans de prévention et de gestion des déchets non dangereux et dangereux</i>. Plus d'actualité aujourd'hui</p> <p>Guide CEREMA (2014, 2019) : <i>Prévention et gestion des déchets issus de catastrophes naturelles : de l'anticipation à la gestion Démarche opérationnelle et fiches d'application Ministère</i>. Première parution en 2014, mise à jour en 2019.</p>	<p>2013</p>

aux moyens de diffuser et de relayer ces consignes ; dans le cas des risques naturels et particulièrement des zones inondables il pourrait être utile de les annexer à tous les actes de cession/vente de biens immobiliers.	Les guides ne sont pas diffusés systématiquement.	
--	---	--

Dans la recherche académique internationale, les préoccupations sur les déchets post-catastrophe se développent progressivement à partir des années 1990 après chaque grande catastrophe. Le grand tremblement de terre de Hanshin-Awaji à Kobe (Japon) en 1995 a fait partie des premières catastrophes naturelles dont la gestion des déchets a été étudiée internationalement (Hayashi and Katsumi, 1996; Lauritzen, 1998). Par la suite, la gestion des déchets après le passage de l'ouragan Katrina a été particulièrement étudiée (Brown, 2012a; Esworthy et al., 2005; FEMA, 2005; Hatcher et al., 2012; Luther, 2008) et est encore aujourd'hui largement utilisée comme référence du fait des nombreux documents disponibles.

Une recherche bibliométrique sur Web of Science a été réalisée¹⁴. La base de donnée est bien sûr limitée (en particulier, seules les publications en anglais sont identifiées), mais cela permet de se faire une idée du nombre de publications liées aux déchets post-catastrophe et de son évolution dans le temps (Figure 5, p. 71). Sur les 236 publications recensées, plus de 75 % ont été publiées après 2015.

¹⁴ La recherche a été faite sur le thème (topic : Searches title, abstract, author keywords, and Keywords Plus.) avec les mots « disaster/earthquake/hurricane/typhoon/flood/storm/tsunami » + « waste/debris ». Les articles portant sur les « debris flow », qui correspondent à des déplacements de boue ou de sédiments ont été exclus, ainsi qu'une cinquantaine d'article sur des sujets éloignés : entomologie, biologie, archéologie, etc. La recherche finale est la suivante : (TS=("disaster waste") OR (TS=("disaster debris") OR TS=("flood waste") OR TS=("flood debris") OR TS=("tsunami waste") OR TS=("tsunami debris") OR TS=("earthquake waste") OR TS=("hurricane waste") OR TS=("typhoon waste") OR TS=("storm debris management") OR TS=("earthquake debris") OR TS=("hurricane debris") OR TS=("typhoon debris") OR TS=("storm waste management"))) NOT TS=("debris flow")) and Entomology or Zoology or Biodiversity Conservation or Paleontology or Ornithology or Plant Sciences or Marine Freshwater Biology (Exclude – Web of Science Categories) and 8.93 Archaeology or 8.283 Archaeometry (Exclude – Citation Topics Meso) and Astronomy Astrophysics or Optics (Exclude – Web of Science Categories) and Agriculture Multidisciplinary or Agricultural Engineering or History or Forestry (Exclude – Web of Science Categories) and Area Studies (Exclude – Web of Science Categories) and 6.223 Hospitality, Leisure, Sport & Tourism (Exclude – Citation Topics Meso).

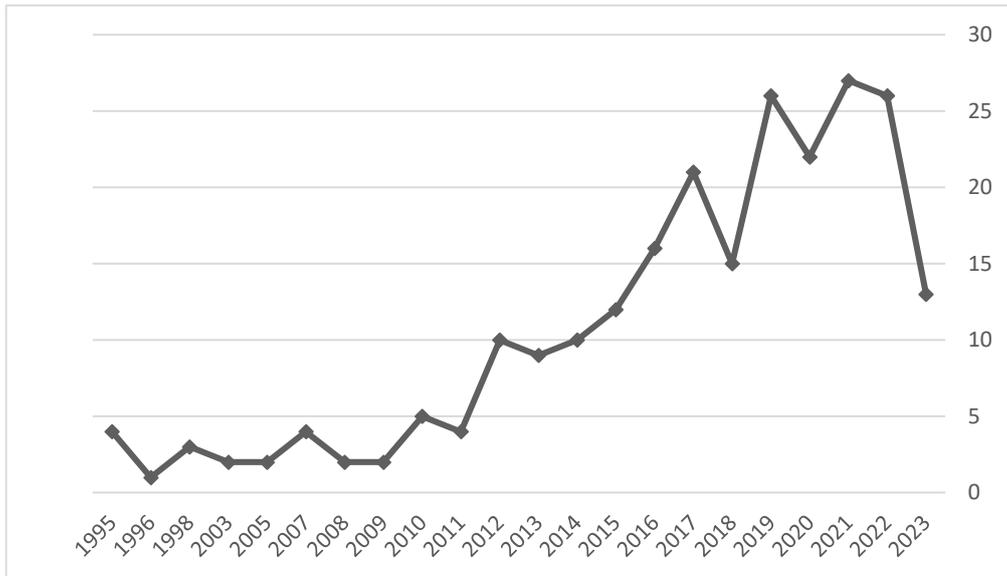


Figure 5 : Nombre de publications par an sur les déchets post-catastrophe identifiées sur Web of Science

Des domaines d'études variés

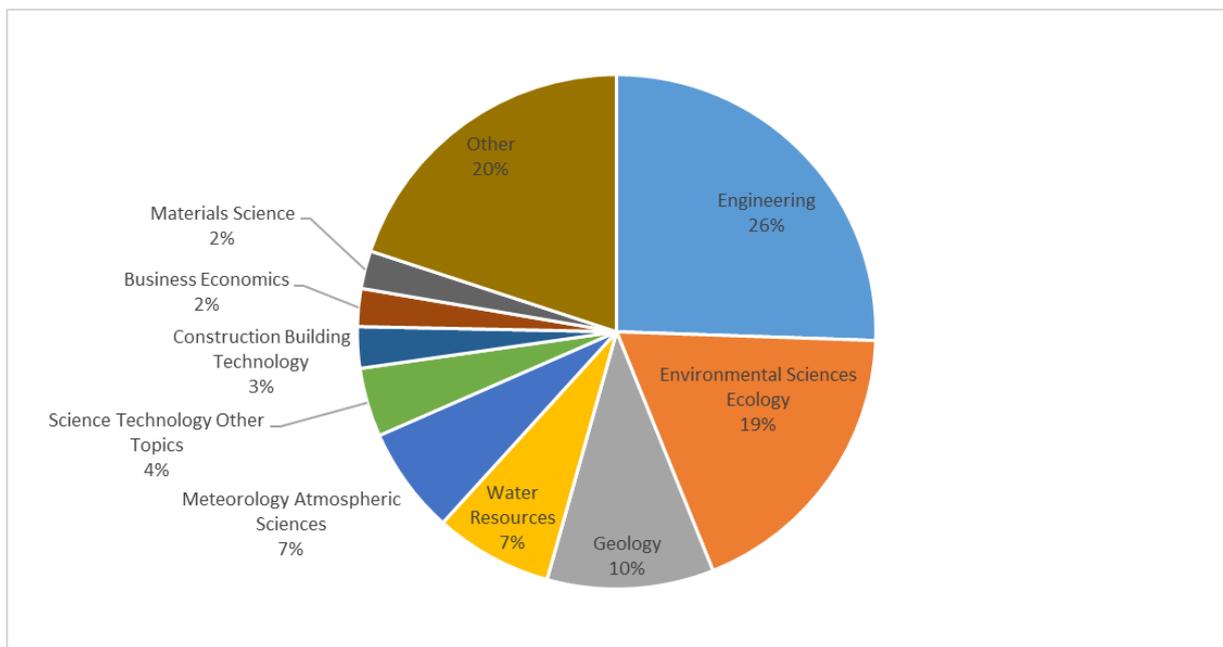


Figure 6 : Répartition des domaine de recherche des publications liés à la gestion des déchets post-catastrophe.

Les 236 publications identifiées sur Web of Sciences sont réparties dans 38 domaines. Une même publication pouvant appartenir à plusieurs domaines de recherche, il y a un total de 462 domaines identifiés, soit presque deux par publications. La catégorie "other" agrège des domaines représentés moins de huit fois (28 domaines en tout).

L'étude bibliométrique permet également d'analyser les domaines d'études qui s'intéressent au sujet (Figure 6, p. 71). Un quart des publications relèvent de l'ingénierie au sens large (environnementale, civile, mécanique, etc.) et un cinquième des sciences de l'environnement. Viennent ensuite la géologie, l'étude des ressources en eau et les sciences météorologiques qui ensemble comptent pour presque un quart des domaines des publications. Ce sont les

principaux domaines liés à la gestion des déchets (ingénierie et science de l'environnement) ou aux risques naturels.

Il est possible de s'intéresser au nombre de publications par type d'aléa (Tableau 7, p. 72). Pour cela nous avons extrait les articles avec le nom des différents aléas dans le titre. Cette méthode est peu précise mais rapide et les résultats restent parlants. Les aléas les plus traités sont les tremblements de terre, suivi des tsunamis. Un certain nombre d'articles se recoupent, huit parlent par exemple du tremblement de terre et du tsunami de 2011 au Japon. La prédominance des tremblements de terre est d'ailleurs probablement due en parti au nombre de publications issues d'universités japonaises.

Tableau 7 : Nombre d'articles comportant l'aléa X dans son titre

Aléa	Nombre d'articles
Earthquake	49
Tsunami	36
Hurricane / typhoon	19
Flood	18

La répartition par pays des publications montre en effet la prédominance des publications japonaises et états-uniennes (Figure 7, p. 73). Comme déjà mentionné précédemment, cela vient du fait que le Japon et les Etats-Unis sont exposés depuis longtemps à de nombreux aléas (notamment séismes et typhons pour le premier, cyclones, inondations et tornades pour le second¹⁵) et possèdent les moyens financiers pour travailler sur le sujet. On voit d'ailleurs que l'Asie de l'Est (Chine, Corée du Sud, Taiwan, Singapour), avec des risques similaires à ceux du Japon, est bien représentée. A noter que le pays dépend de l'université des chercheur-euses, une publication peut donc être attachée à plusieurs pays, c'est notamment la cas des publications anglaises¹⁶.

¹⁵ En plus des canicules, sécheresses et incendies, dont nous ne traitons pas ici.

¹⁶ Le nombre de publications rattachées à l'Angleterre (12) nous a surpris étant donné que nous n'avons pas vraiment trouvé de travaux académiques sur le sujet en trois ans de thèse. En regardant de plus, la moitié sont les articles de Gayani Karunasena, chercheuse d'origine sri-lankaise ayant effectué sa thèse dans une université anglaise mais sur les déchets post-catastrophe au Sri-Lanka. Un des articles portent sur l'explosion du port de Beyrouth, un sur le tsunami de 2011 au Japon. Trois autres (sur des techniques de construction) sont écrits par une équipe chinoise avec affiliation en Angleterre et le dernier par une équipe turque avec une affiliation en Angleterre.

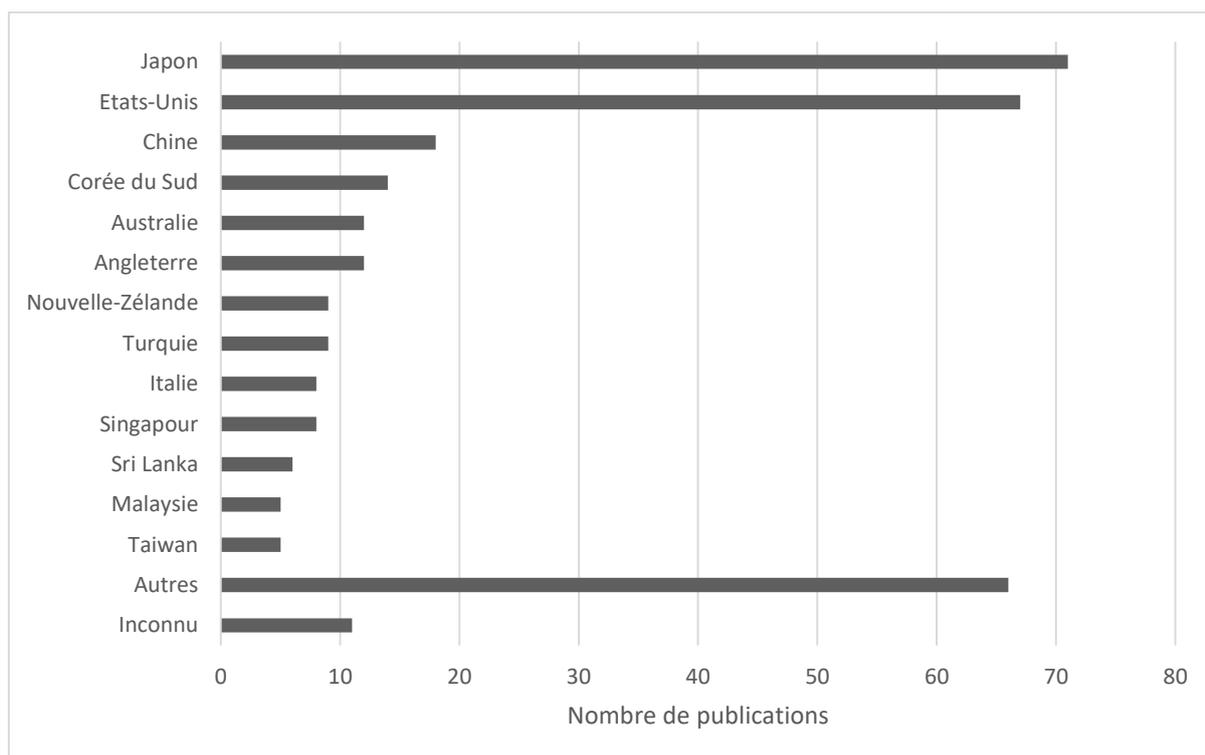


Figure 7 : Publications portant sur les déchets post-catastrophe sur Web of Science par pays

Les travaux nous intéressant un peu plus spécifiquement sont ceux axés sur le pilotage de la gestion des déchets post-catastrophe, avec notamment des questions logistiques et organisationnelles, par opposition aux travaux physiques et chimiques sur l'endommagement, le recyclage et les moyens de traitement. La plupart de ces travaux sont des retours d'expérience ou des études de cas. On en trouve sur une grande diversité de catastrophes et dans des pays variés (cf. Tableau 8, p. 74). Ces retours d'expérience sont majoritairement des travaux sur l'évolution du gisement et son impact sur la gestion de crise, ou alors sur des solutions techniques et organisationnelles pour améliorer la gestion, principalement via des études de cas. Ils mettent en avant la nécessité de mettre en place des plans de gestion efficaces pour se préparer en amont et améliorer l'utilisation des ressources, l'impact environnemental et la rapidité du nettoyage et du retour à la normale lors de l'occurrence effective d'une catastrophe.

Tableau 8 : Exemples d'études de cas sur la gestion des déchets post-catastrophe

Aléa	Pays	Evènement	Ref
Inondation	France	Tempête Xynthia	(Robin des Bois, 2010)
	Italie	Inondations Gêne et Senigallia	(Gabrielli et al., 2018)
Ouragan	France	Irma	(Beraud et al., 2019b)
	Etats-Unis	Katrina	(Brown and Milke, 2016; Luther, 2008)
Séisme	Haïti	Séisme de 2010	(Durand et al., 2015; Popescu et al., 2014)
	Italie	Séisme de 1976 à Friuli Séisme de L'Aquila et d'Emilia-Romagna	(Faleschini et al., 2017) (Gabrielli et al., 2018)
	Japon	Séisme de 2011 de Tohoku Séisme de Kumamoto	(Sakai et al., 2019; Sasao, 2016)
	Népal	Gorkha earthquake	(Poudel et al., 2018)
	Nouvelle-Zélande	Séisme de Canterbury	(Domingo and Luo, 2017)
	Turquie	Séisme de Marmara	(Baycan, 2004)
Tsunami	Sri Lanka	Tsunami de 2004	(Karunasena et al., 2009)

Au niveau des travaux d'anticipation, on trouve des travaux développant des outils d'aide à la décision (quantification, support logistique, impact environnemental ou économique), quelques travaux succincts étudiant les planifications existantes, ainsi que de nombreuses synthèses sur les éléments à inclure dans les planifications (identification des acteurs et de leurs responsabilités, identification des zones de stockage temporaire et autres ressources nécessaires...). Les travaux de Julia Crowley (Crowley, 2017; Crowley and Flachsbarth, 2018) vont un peu plus loin et étudient l'efficacité des plans et la cohérence entre les différents échelons administratifs des plans aux Etats-Unis.

1.2.2. Organisation et acteurs de la gestion des déchets post-catastrophe

Typologie de déchets

« *Tout objet pouvant devenir déchet, ce domaine est extrêmement vaste* » (Beraud, 2013, p. 90). Le nombre de type de déchets est ainsi important, bien que très variable en fonction des classifications déchets établies. En France, on compte par exemple 12 filières à responsabilité élargie des producteur-rices (REP) déjà instaurées, et 11 filières prévues par la loi AGEC. Le catalogue européen des déchets, listé dans l'annexe II de l'article R. 541-8 du CE (abrogée en 2016), comptait 953 types de déchets répartis en 20 grandes catégories.

Ainsi, bien que cela puisse s'avérer laborieux, il convient de classer les déchets pour des raisons d'ordres techniques (transport, traitement, etc.), financiers (règles de financement de la gestion) ou politiques (responsabilité de la gestion) (Maystre et Duflon, 1994 par Beraud, 2013). Pour les déchets normaux, s'il existe une multitude de classifications, on trouve généralement une classification par producteur-rices avec l'opposition entre déchets ménagers et déchets des activités économiques (DAE) ou une classification selon la dangerosité du déchet : déchet dangereux, banal ou inerte.

Toutefois, la classification des déchets par producteur-rices ne marche plus vraiment post-catastrophe, une part importante des déchets étant créés par la catastrophe. Il est donc intéressant pour une bonne gestion d'avoir une connaissance plus fine des typologies de déchets post-catastrophe. De nombreux travaux se sont intéressés à ce sujet et le gisement commence à être relativement bien connu mais reste compliqué à identifier sur le terrain. Le Tableau 9 ci-dessous présente différentes typologies des déchets post-catastrophe.

Tableau 9 : Différentes typologies de déchets post-catastrophe

<p>(Brown et al., 2011) Déchets post-catastrophe identifiés dans la littérature : Vegetative debris or green wastes; Sediment/soil and rock; Household hazardous waste (refrigerant, oils, pesticides, etc.); Construction and demolition debris from damaged buildings and infrastructure (such as roads, pipe networks and other services); Industrial and toxic chemicals (including fuel products); Putrescible wastes (rotting food, etc.); Vehicles and vessels; Recyclables (plastics, metals, etc.); Electronic and white goods; Waste from disaster-disturbed pre-disaster disposal sites;</p>	<p>(Beraud, 2013) Déchets post-inondation cités dans les entretiens : DD VHU DEEE Déchets en mélange Déchets de l'ameublement (mous et durs) Cadavre d'animaux Déchets de C&D DASRI Bois Ferraille Déchets verts</p>	<p>(Beraud et al., 2019a) Déchets post-Irma identifiés dans le retour d'expérience : Déchets ménagers et recyclable dont déchets verts Matériaux de construction DEEE VHU BPHU DD Animaux morts (Marchesini et al., 2020) Déchets retenus pour la méthode de quantification des déchets post-ouragan : C&D Déchets verts Déchets en mélange Déchets des biens de consommations (DEEE, meubles durs et mous) VHU / BPHU.</p>
---	---	---

Human and animal corpses Excessive unwanted donation; Healthcare wastes; Rotten food from power outages; Emergency relief food packaging.		
---	--	--

Les déchets peuvent aussi être classés en fonction de différents paramètres, comme le type d'aléa (Tableau 10, p. 76) ou le type d'occupation des sols (Tableau 11, p. 77). Le choix des typologies, pour planifier la gestion par exemple, ou mettre en place des outils d'aide à la décision, va donc dépendre de ces différentes caractéristiques du territoire : quel urbanisme ? A quels aléas est-il soumis ? Le choix dépendra aussi de l'objectif de l'étude : souhaite-on maximiser le tri ? Avoir une idée globale des quantités de déchets ?

Tableau 10 : Déchets produits en fonction de l'aléa (liste non exhaustive)

Aléa	Principaux types de déchets	Mode d'endommagement	Particularités
Séisme	C&D ; biens de consommation	Effondrement du bâti	Très grande quantité
Inondation	Déchets verts ; biens de consommation ; C&D	En fonction de la cinétique de la crue, du débit, de la durée, de la salinité de l'eau	Déchets dispersés, humides
Cyclone	Déchets verts ; C&D ; biens de consommation	Vent, inondation, vague de submersion	Déchets dispersés, potentiellement humide
Tsunami	C&D ; biens de consommation ; déchets verts	Vague de submersion ; eau salée	Très grande quantité, déchets dispersés, souvent couplé à un séisme

Tableau 11 : Déchets produits en fonction de l'occupation des sols (liste non exhaustive) (CEREMA, 2019)

OCCUPATION DES SOLS	PRINCIPAUX DÉCHETS GÉNÉRÉS		
	DÉCHETS DANGEREUX	DÉCHETS NON DANGEREUX	
		NON INERTES	INERTES
Habitats urbains denses, pavillonnaires ou isolés	Déchets d'équipements électriques et électroniques, produits ménagers, pots de peinture, solvants, bois traités en profondeur par imprégnation et fonction du biocide utilisé, matériaux de construction contenant de l'amiante	Mobilier (bois, métaux), vêtements, bois bruts ou faiblement adjuvants, matériaux isolants, plâtre, plastiques, végétaux, médicaments	Terres et cailloux non pollués, briques, béton, tuiles, ardoises, céramiques, verre
Champs agricoles		Bois bruts ou faiblement adjuvants, végétaux, boues, films plastiques, fils électriques	Terres et cailloux non pollués
Forêts			
Parcs et jardins	Bois traités en profondeur par imprégnation et fonction du biocide utilisé	Bois bruts ou faiblement adjuvants, végétaux, boues, matières plastiques, métaux ferreux et non ferreux	Terres et cailloux non pollués, aménagement en béton
Zones industrielles	Produits chimiques, hydrocarbures, matériaux de construction contenant de l'amiante, terres et cailloux contenant des substances dangereuses, bois traités en profondeur par imprégnation et fonction du biocide utilisé, déchets d'équipements électriques et électroniques	Mobilier (bois, métaux), matières plastiques, tôles, végétaux, bois faiblement adjuvants, papiers, cartons, déchets d'équipements électriques et électroniques	Terres et cailloux non pollués, briques, béton, enrobés, tuiles, verre
Zones commerciales	Déchets d'équipements électriques et électroniques, solvants, matériaux de construction contenant de l'amiante, terres et cailloux contenant des substances dangereuses, bois traités en profondeur par imprégnation et fonction du biocide utilisé	Mobilier (bois, métaux), matières plastiques, plâtre, matériaux isolants, tôles, végétaux, déchets alimentaires, déchets d'équipements électriques et électroniques	Terres et cailloux non pollués, briques, béton, tuiles, céramiques, verre
Infrastructures (de transport, d'énergie, de communication)	Terres et cailloux contenant des substances dangereuses, enrobés et mélanges bitumineux contenant du goudron (HAP), transformateurs (PCB), matériaux de construction contenant de l'amiante (anciennes canalisations)	Végétaux, câbles métalliques, matières plastiques, poteaux et panneaux métalliques, bois bruts ou faiblement adjuvants (poteaux, glissières de protection), boues s'accumulant dans les fossés et bassins	Terres et cailloux non pollués, mélanges bitumineux (enrobés), poteaux béton

Une multiplicité d'acteurs

Un des facteurs de complexité de la gestion des déchets post-catastrophe est la multiplicité et la diversité des acteurs impliqués. Ces acteurs, variant selon les territoires, sont de ce fait difficiles à identifier. Pour avoir une première idée des acteurs de la gestion des déchets post-catastrophe identifiés à l'échelle internationale, nous avons recensé les acteurs mentionnés dans une série de guides nationaux et internationaux sur la gestion des déchets en situation de catastrophe (plus d'éléments sur ces guides sont donnés au § 6.1.2).

Le Tableau 12 (p. 78) synthétise les différents types d'acteurs identifiés dans ces documents. Certains acteurs sont présents dans presque tous les documents : les gestionnaires publics de déchets et les autorités locales (qui sont souvent les mêmes) et la société civile, généralement considérée comme les communautés impactées. Les communautés impactées sont des productrices de déchets et les premiers acteurs du nettoyage. Deuxièmement, huit documents mentionnent les entreprises privées de gestion des déchets comme acteur central de la gestion des déchets post-catastrophe. Cela n'est pas surprenant puisque dans la plupart

des pays dotés d'un système de gestion des déchets bien mis en œuvre, l'objectif de la gestion des déchets post-catastrophe est d'envoyer ces déchets vers les installations normales de traitement. Ensuite, le troisième groupe d'acteurs le plus pris en compte sont les autorités nationales et les gestionnaires de crise ainsi que les ONG et associations (locales ou internationales). Ce sont des acteurs couramment impliqués dans la gestion des urgences et le rétablissement des communautés. Les pays en développement s'appuient plus sur des acteurs internationaux (agences internationales, ONG, bailleurs de fonds) que les pays industrialisés.

Tableau 12 : Acteurs de la gestion des déchets post-catastrophe identifiés dans les guides internationaux.

En gras les acteurs impliqués dans les activités de gestion des déchets normaux.

	(Ayuda Legal Chile, 2017)	(de Salud and Departamento de Emergencias Nacionales en Salud de Chile, 2004)	(Ministry of the Environment of Japan, 2018a)	(OPS., 2003)	(SPREP, 2020a, 2020b, 2020c)	(UNOCHA, 2011)	(Bay of Plenty Regional Council, 2018a, 2018b)	(CEREMA, 2019)	(EPA, 2019)	(FEMA, 2007)	(Ministry of the Environment of Japan, 2018b)
Acteurs publics											
Gestionnaires de déchets publics	x	x	x			x	x	x		x	x
Autorités locales	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Autorités nationale			x	x		x			x	x	x
Gestionnaire de crise				x	x	x	x		x	x	x
Agence de santé	x	x		x							
Armée / Police				x				x	x	x	x
Services environnementaux				x					x	x	
Services transport				x					x	x	
Services agricoles									x	x	
Autres services				x					x	x	
Universités				x					x		x
Acteurs privés											
Entreprises privées de gestion des déchets	x		x			x	x	x	x	x	x
Entreprises privées de gestion des déchets post-catastrophe									x	x	
Compagnie d'assurance							x				
Entreprises du BTP				x					x	x	x
Fermier-ères							x	x	x	x	
Commerces ou industries			x	x			x		x	x	

Entreprises de transport				x					x	x	
Média			x	x					x		
<i>Société civile et communauté internationale</i>											
Société civile	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Agences internationaux	x		x	x	x						
Communautés sinistrées											
ONG/associations (locales)			x	x		x		x		x	
ONG/associations (internationales)	x		x	x							
Doneur-euses						x					
Réseaux internationaux sur les DSE			x								

Les autres acteurs identifiés sont les acteurs privés locaux, à commencer par les entreprises du BTP, les agriculteur-rices et plus généralement toutes les industries ou entreprises locales du territoire impacté. Les entreprises du BTP jouent un rôle important en raison du lourd tribut que représentent les déchets du BTP dans les quantités de déchets post-catastrophe. Les agriculteur-rices, les industries et les entreprises locales peuvent être impactées comme le reste de la société civile, mais elles peuvent également fournir du matériel supplémentaire pour le nettoyage et le transport des déchets (camions, scies, etc.).

Même si cela n'est pas précisé, il est intéressant de noter que ce dernier type d'acteurs est probablement identifié grâce aux retours d'expérience locaux de la gestion des déchets après des catastrophes. Par exemple en France, les agriculteur-rices ont joué un rôle majeur dans les activités de nettoyage après la tempête Xynthia (Robin des Bois, 2010), ce qui explique peut-être pourquoi iels sont les premier-ères bénévoles mentionné-es dans les lignes directrices du Cerema (CEREMA, 2019), avant les citoyen-nes et les associations.

Étonnamment, les compagnies d'assurance ne sont mentionnées qu'une seule fois, alors qu'elles constituent généralement une ressource centrale pour les ménages après une catastrophe. Les médias sont également considérés comme des acteurs intéressants pour la communication publique sur le sujet.

Pour aller plus loin, nous pouvons nous demander quels sont les acteurs impliqués dans la gestion des déchets post-catastrophe qui sont impliqués dans la gestion « normale » des déchets, et lesquels sont nouveaux dans le réseau des acteurs du déchet. Il est difficile de généraliser au niveau international car 1) les systèmes de gestion des déchets présentent de nombreuses variations locales, et 2) les guides restent souvent assez vagues et généraux dans les descriptions des acteurs. Il est tout de même possible de pré-identifier certains acteurs régulièrement impliqués dans les activités de gestion des déchets [en gras dans Tableau 12,

p. 78]. Sans aucune difficulté, nous pouvons commencer par les gestionnaires de déchets publics et les entreprises privées de gestion des déchets. Les agences de santé et d'environnement sont généralement responsables de la réglementation et/ou du contrôle des déchets. Les ONG environnementales et les associations sont également des acteurs importants, pour le lobbying, la sensibilisation du public ou la réparation et la réutilisation des déchets.

Même si certains guides donnent une liste relativement fournie des acteurs impliqués dans la gestion des déchets post-catastrophe (OPS., 2003 ; FEMA, 2007 ; EPA, 2019), aucun n'a identifié tous les acteurs répertoriés ici. De plus, la plupart des acteurs sont mentionnés rapidement et très rares sont ceux dont les rôles et les responsabilités sont explicites et détaillées.

Organisation de la gestion des déchets post-catastrophe : de l'idéal à la pratique

Il faut ainsi noter que ces guides ne sont qu'une représentation « idéale » de ce que devrait être la gestion des déchets post-catastrophe, mais ne représentent pas la réalité des pratiques dans chaque pays. Classiquement, l'organisation prônée est celle présentée en Figure 8 (p. 81). Elle est centrée autour de zones de stockage temporaire (ZST), qui permettent de stocker les déchets pour les envoyer petit à petit dans les installations normales de traitement, qui ne peuvent pas absorber le flux de déchets en une seule fois (voir § 6.2.3, p. 306 pour plus d'éléments sur les ZST)

Les sinistrés nettoient leurs habitations / rues / etc. et rassemblent leurs déchets sur des « aires de dépose ». Ces aires de dépose sont spontanées, de petites tailles, situées au pied des habitations, souvent sur le trottoir ou au niveau de la chaussée pour pouvoir être accessibles aux camions de collecte. Des petits camions, par exemple ceux des services techniques municipaux ou d'entreprises locales du bâtiment, collectent ces déchets pour les amener dans des ZST primaires, situées dans la zone impactée ou juste en bordure. D'ici, des camions « gros porteurs » prennent le relai pour transporter les déchets jusqu'à des ZST secondaires, plus grandes et plus proches des installations de traitement, où les déchets seront mis en attente avant de pouvoir être traités.

En fonction de l'ampleur de l'évènement, il peut y avoir plus ou moins de ZST, seulement des ZST primaires ou secondaires, voire pas de ZST du tout. Ce fut par exemple le cas lors de la

crue de la Marne en janvier 2018. Seule Gournay-sur-Marne avait été sévèrement impactée, la quantité de déchets produite était conséquente à l'échelle de la commune (42% du tonnage annuel) mais faible à l'échelle du territoire du gestionnaire (2% du tonnage annuel). Le gestionnaire a donc seulement augmenté le nombre de collectes mais les camions allaient directement dans les installations habituelles (Beaujour et al., 2018).

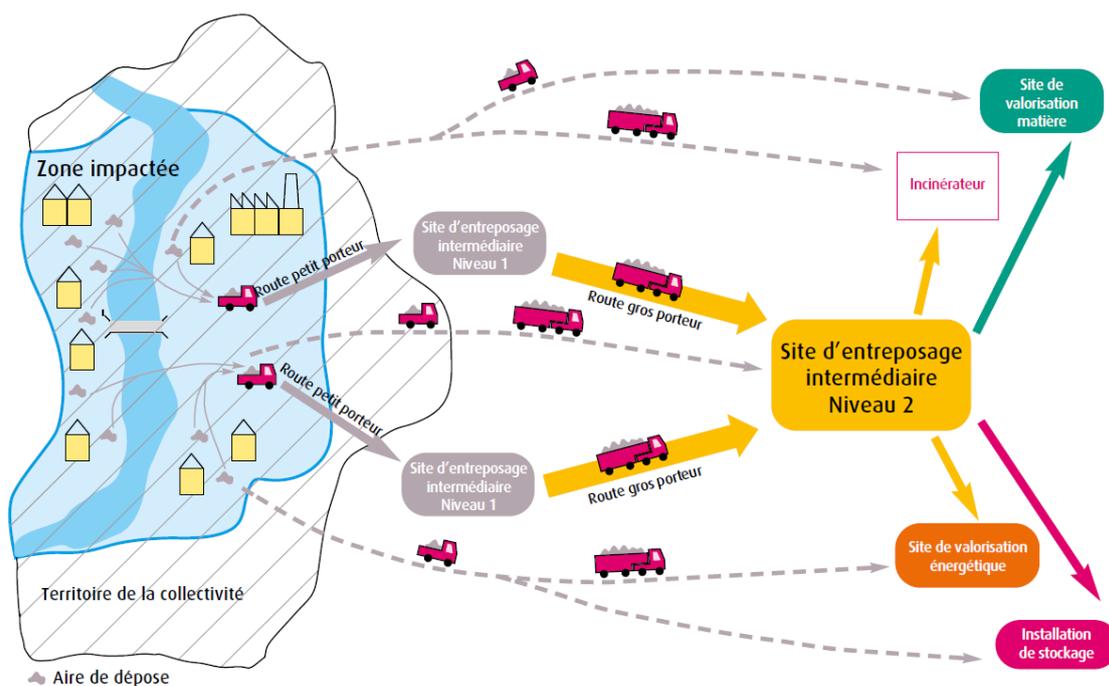


Figure 8 : Réorganisation de la gestion des déchets post-catastrophe (CEREMA, 2019)

Cette (ré)organisation idéale est vite confrontée à la réalité des catastrophes. Au niveau des aires de dépose d'abord : certaines catastrophes (inondations, cyclones, tsunami, etc.) transportent les déchets sur des grandes distances, les disséminant parfois dans des zones difficiles d'accès. Il est alors compliqué de rassembler les déchets, et de les rassembler sur des bords de route. Il n'est pas non plus toujours simple de trouver des sites pour ouvrir des ZST (voir § 6.2.3, p. 306).

Les routes peuvent également être rendues impraticables par la catastrophe. On se retrouve alors avec des schémas de gestion beaucoup plus complexes (Figure 9, p. 82) : diversité des ZST, multiplication des moyens de transport, etc.

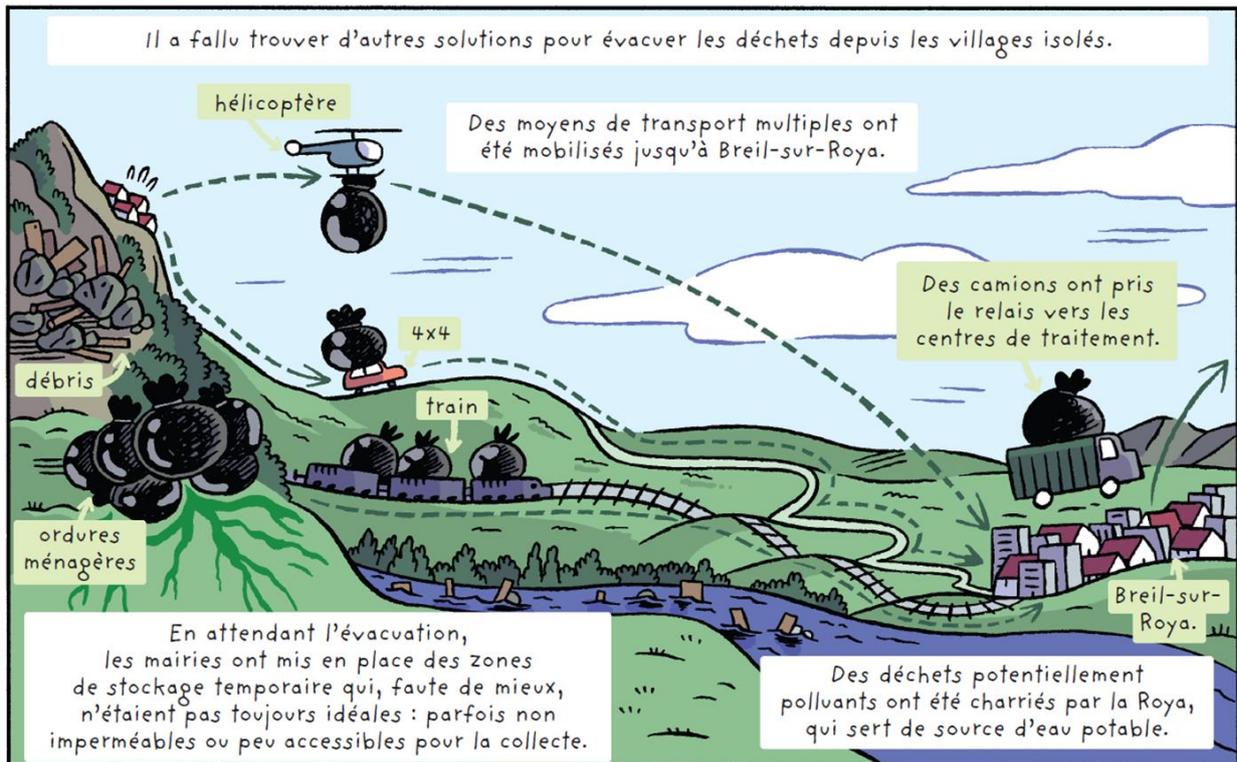


Figure 9 : Réorganisation de la gestion des déchets post-Alex (Chochois, 2022)

Outils d'aide à la décision

Pour aider à l'organisation de la gestion, de nombreux travaux portent sur des outils d'aide à la décision et à la planification, pré ou post-catastrophe. Une partie de ces outils permet de faire de la prévision logistique (quantification des déchets, localisation des zones de stockage, ressources en transport nécessaire...). D'autres outils sont développés pour faire des analyses environnementales et économiques des stratégies de gestion.

1. Outils d'aide logistique : quantification, localisation des zones de stockage...

Nous avons étudié les méthodes de quantification des déchets post-catastrophe, qui sont la première étape pour les outils d'aide à la logistique (Marchesini et al., 2020). Il existe des méthodes prédictives, qui utilisent des données historiques récupérées lors de catastrophes passées ou sur des bases de données d'équipements des ménages ou des stocks de bâtis, et des méthodes post-catastrophe, utilisant soit des bases de données soit de l'imagerie ou de la télédétection.

Kivanç Onan et al. (Onan et al., 2015) ont développé un outil afin de déterminer les zones de stockage temporaire et d'aider à la planification de la collecte et du transport des déchets de catastrophe afin de minimiser l'impact environnemental de ces opérations. Partant de ces

travaux, Alvaro Lorca et al. (Lorca et al., 2017) ont élaborer un outil comprenant toute la chaîne logistique de gestion des déchets post-catastrophe : collecte, transport, réduction, recyclage et élimination des déchets. Leur outil vise notamment à aider aux prises de décision sur la localisation des infrastructures de traitement, la sélection des procédés et les capacités de traitement ou de stockage à prévoir. Il permet d'optimiser les coûts financiers et environnementaux, la durée des opérations de nettoyage, l'utilisation des centres d'enfouissement et la quantité de matériaux recyclés.

2. Outils d'analyse environnementale et économique des stratégies de gestion

Plus récemment, des outils permettant une analyse environnementale et économique globales des stratégies de gestion ont été développés, par exemple au Japon, déjà bien avancé sur les questions de planification liées aux déchets post-catastrophe (Tabata et al., 2017; Wakabayashi et al., 2017). Ces deux travaux visent à accompagner les municipalités japonaises ayant mis en place un plan de gestion des déchets post-catastrophe.

Alessia Amato et al. (Amato et al., 2019) comparent l'impact économique et environnemental de différentes stratégies de gestion des déchets post-catastrophe afin de définir les meilleurs choix. Elles mettent notamment en avant les différents avantages ou inconvénients d'un traitement in situ (i.e. sur le lieu de production des déchets) ou ex situ des déchets. Le premier a un meilleur impact environnemental, notamment en termes de réduction et de recyclage des débris. Toutefois, le traitement ex-situ coûte moins cher et diminue les poussières et le bruit au niveau des zones de production des déchets.

Cheng Cheng et al. (Cheng et al., 2018a) étudient la fiabilité du système de gestion des déchets, i.e. la possibilité que le nettoyage puisse être conduit en un temps voulu au regard des capacités en véhicules pour le transport des déchets et des réseaux routiers disponibles et des capacités de recyclage et d'élimination des déchets. D'autres travaux de la même équipe (Cheng et al., 2018b) ajoutent des éléments temporels et d'échelle des impacts de la catastrophe afin d'étudier, en plus de la fiabilité du système, son temps de retour.

Conclusion du chapitre 1

Les déchets post-catastrophe sont donc un enjeu important de la gestion des catastrophes, bien qu'ils ne soient pas encore systématiquement reconnus comme tel. La responsabilité de leur gestion est peu claire et les acteurs, de la gestion de crise d'un côté et de la gestion des déchets de l'autre, se renvoient la balle.

Ces responsabilités sont d'autant plus difficiles à identifier que le gisement des déchets post-catastrophe diffère du gisement normal en qualité, les catastrophes mélangeant les flux de déchets. Or les acteurs déchets sont peu à même d'accepter d'autres déchets que ceux dont ils ont normalement la gestion : le service responsable de la collecte des ordures ménagères dans la Roya a par exemple refusé de transporter les DASRI (déchets des activités de soin à risque infectieux), ayant déjà trop à faire avec ses propres déchets. De même, si en 2010 lors de la tempête Xynthia, Trivalis, le syndicat responsable de la gestion des DMA en Vendée, a pris en charge des déchets supplémentaires du camping car il en avait les moyens financiers, le responsable de la collecte interrogé précise que cela ne serait probablement pas le cas aujourd'hui.

Dans son guide *Prévention et gestion des déchets issus de catastrophes naturelles*, le CEREMA fait la préconisation suivante : « *Les filières de traitement des déchets post-catastrophe sont choisies en privilégiant : les filières de valorisation plutôt que d'élimination, les installations de proximité (non impactées par la catastrophe), les capacités d'acceptation des déchets dans les installations de traitement* » (CEREMA, 2019, p. 30). Le CEREMA mentionne donc ici « des filières de traitement des déchets post-catastrophe ». Or la question de l'existence de ces filières se pose, l'objectif de la gestion des déchets post-catastrophe étant généralement d'envoyer chaque déchet dans sa filière de gestion « habituelle ».

Cela amène à se demander d'une part si ces filières de gestion « habituelles » des déchets permettent de traiter correctement les déchets en cas de catastrophe, et d'autre part s'il existe des filières de traitement des déchets post-catastrophe. Dans l'objectif de répondre à ces questions, le chapitre suivant précisera ce qui se cache derrière le terme de « filière », abondamment utilisé en gestion des déchets.

Chapitre 2 : Construction et organisation des filières de gestion des déchets

Sommaire

Chapitre 2 : Construction et organisation des filières de gestion des déchets	86
Sommaire.....	86
Introduction du chapitre 2.....	88
2.1. La notion de filière pour les systèmes productifs	89
2.1.1. Historiques de la notion de filières en sciences économiques et de gestion	89
2.1.2. Définitions et caractéristiques d'une filière	92
2.1.3. Apports de la notion de filière dans l'analyse des systèmes productifs	97
2.1.4. Synthèse	100
2.2. Les filières de gestion des déchets	100
2.2.1. Naissance du déchet urbain et structuration de la gestion	100
2.2.2. Utilisation du terme filière	104
2.2.3. Proposition de caractérisation des filières.....	114
2.3. De l'intérêt d'étudier le système de gestion des déchets à travers la filière.....	118
2.3.1. Le service de gestion des déchets, un système sociotechnique urbain	118
2.3.2. L'intérêt de la filière pour notre étude	122
2.3.3. La filière dans le système : les filières comme sous-systèmes ?.....	125
Conclusion du chapitre 2	131

Introduction du chapitre 2

Le concept de filière est utilisé en France depuis les années 60 pour analyser et développer les systèmes productifs. Une filière désigne génériquement une chaîne d'activités diverses liées entre elles, depuis l'élaboration d'un produit en amont, jusqu'à sa commercialisation en aval. Au-delà de cette définition large, il existe une multitude d'acceptations, d'usages et de critères de définition d'une filière. En particulier, le terme est abondamment utilisé en gestion des déchets, sans que l'on sache forcément ce qu'il recouvre précisément.

Ce deuxième chapitre a donc pour objectif d'étudier les différentes utilisations du terme de filière, afin de répondre à la question : *qu'est-ce qu'une filière de gestion des déchets ?* On cherchera ainsi les critères qui permettent de caractériser une filière.

Pour cela, le chapitre présentera d'abord le concept général de filière, utilisé pour analyser les systèmes productifs, en particulier les filières industrielles et agricoles. La deuxième section cherchera à déterminer les critères de caractérisation d'une filière de gestion des déchets, en s'appuyant sur le processus historique de structuration du service de gestion des déchets et sur les utilisations actuelles du terme filière dans les milieux académiques et opérationnels. Enfin, bien que le concept de filière soit généralement utilisé en économie industrielle et en science de gestion, nous tâcherons d'examiner l'intérêt que peut avoir l'utilisation du concept de filière de gestion des déchets, dans l'objectif d'une étude systémique du service de gestion des déchets.

2.1. La notion de filière pour les systèmes productifs

2.1.1. Historique de la notion de filière en sciences économiques et de gestion

Naissance de la notion de filière dans l'économie industrielle

Le terme filière est utilisé pour la première fois en 1947 lors d'un congrès de la revue *Econometrica* aux États-Unis. B. Chait y présente une théorie des relations entre agents : les agents sont reliés par des flux entrants et sortants (input et output, les flux sortants de l'un étant les flux entrants de l'autre). Il analyse également les niveaux de stocks nécessaires pour la régulation du système. Ce cadre analytique a pour objectif de réintroduire le temps, via les stocks, dans un modèle économique général et de déterminer des sous-ensembles d'agents au sein desquels l'intensité des interdépendances est supérieure à l'intensité des relations de ce sous-ensemble avec le reste de l'économie (Lançon et al., 2016).

Bien que le terme apparaisse pour la première fois aux États-Unis, le concept de filière est élaboré et développé en France (Lançon et al., 2016; Ménard, 2014). Le terme de filière, utilisé pour analyser les systèmes productifs, est conceptualisé par les sciences économiques et de gestion (Biénabe et al., 2016). Il provient d'un besoin de classer les activités économiques pour comprendre leur nature, leur importance, repérer des dynamiques et mettre en place des politiques industrielles (Ménard, 2014).

Antérieurement à la filière, ce besoin a fait naître les notions de branche et de secteur. « *Un secteur rassemble les entreprises ayant la même activité principale. Une branche se définit comme le regroupement de toutes les unités produisant le même bien ou le même service* », ces unités pouvant être distinguées très finement, en établissements voir en fractions d'établissement (Monfort, 1983, p. 3). De nombreuses nomenclatures des activités sont développées pour répondre à ce besoin de classement, en fonction de divers critères selon les objectifs des recherches, les époques et les courants de pensées des économistes. Colin Clark a ainsi proposé en 1940 le regroupement des entreprises en trois secteurs aujourd'hui bien connu : primaire, secondaire, tertiaire (Ménard, 2014). Jean-Alain Monfort (1983) rappelle certains des critères de classement utilisés historiquement : matières premières nécessaires à l'élaboration d'un produit (1821), « groupement naturel » des produits en fonction de leur destination ou finalité (1861), techniques de production utilisées (1895), centres de décision (1940). Vient alors, dès le début du XXe siècle, la notion de critères d'association qui vise à

rassembler des activités fréquemment associées au sein des entreprises dans un même poste de la nomenclature, en réalisant un compromis entre les critères précédents. Des filières peuvent alors être constituées par regroupement de branches selon ces critères d'association.

En agréant 90 branches de la nomenclature de l'industrie française en fonction de l'importance de leurs échanges et de leur similitude de réaction face à des modifications de la demande finale, Jean-Alain Monfort (1983) distingue 19 macro-filières : l'agroalimentaire, l'énergie, la métallurgie, le non ferreux, la chimie, la mécanique, l'électronique, l'automobile, le rail, la navigation, l'aéronautique, le textile, le cuir, le bois, le bâtiment-génie civil, la communication, la santé, le loisirs-tourisme et la banque-assurance. Le choix des filières restant subjectif, ces macro-filières peuvent recouvrir plusieurs « micro-filières », chaque micro-filière concernant un produit précis comme les papiers et cartons ou les composants électroniques.

La notion de filière : un outil académique et opérationnel

Les notions de branches et de secteurs répondent à des besoins statistiques précis mais ne permettent pas de comprendre la nature des liens entre les différents acteurs et les différentes activités le long de la chaîne de vie du produit (production, transformation, vente, etc.). C'est cette difficulté qui a mené à l'élaboration du concept de filière industrielle (Ménard, 2014).

Une filière est, dans son acception large, une chaîne d'activités diverses liées entre elles, depuis l'élaboration d'un produit en amont, jusqu'à sa commercialisation en aval. Si le concept a été formalisé académiquement dans les années 60 – 80, des organisations en filières existaient déjà avant cela. Joëlle Toledano revient ainsi sur des travaux en économie industrielle qui, sans utiliser le terme de filière, présentent déjà des organisations en filière (Toledano, 1978). De même, au long du XXe siècle, les politiques de développement agricole et rural au Sud, en privilégiant les spécialisations par produit, étaient déjà des stratégies d'intervention « par filière », bien qu'elles précèdent le terme (Biénabe et al., 2016).

Le concept de filière s'est alors développé parallèlement comme outil d'analyse académique et comme outil dans la mise en place des politiques industrielles et agricoles. Il permet par exemple de soutenir les transformations du secteur agricole au Nord et d'accompagner les politiques de développement au Sud (Lançon et al., 2016). La politique de filières a ainsi connu

un fort succès en France de l'après-guerre aux années 80, parallèlement aux politiques de planification industrielle. Elle a été mise à mal par l'essor de la mondialisation, de la division internationale du travail et de la sous-traitance. Le concept de filière tel que défini à l'époque ne permet pas de tenir compte correctement des coopérations transversales, des synergies et des logiques de coopération (Bidet-Mayer and Toubal, 2013). Le concept trouve un nouveau souffle en 2007 (Assogba, 2018). Les politiques de filières de l'après-guerre avaient pour objectif la reconstruction de l'industrie, la sécurisation des approvisionnements et la consolidation des activités productives, celles d'après 2007 ont pour ambition de « *structurer des écosystèmes plus solidaires* » en se basant sur « *un triptyque innovation-production-services* » (Dehecq, 2010 par Assogba, 2018).

Développement de la notion de filière dans le monde agricole

Si le terme de filière est d'abord utilisé en économie industrielle, les premiers raisonnements « en filière » sont initiés par les économistes de l'agriculture. Milhau en 1954 et Davis & Goldberg en 1957 cherchent à décrire l'organisation technique des activités agricoles et alimentaires pour en comprendre le fonctionnement. Leurs travaux introduisent l'idée d'un lien technique entre les diverses opérations et acteurs en vue de fournir un bien donné (Assogba, 2018).

Le domaine agricole a ensuite repris la notion de filière issue de l'économie industrielle (notamment pour analyser les connexions entre le secteur agricole et les autres secteurs de l'économie) et largement contribué à la développer. Scientifiquement d'abord, avec la structuration du CIRAD¹⁷ par filières agronomiques ou avec l'utilisation du concept dans les programmes scientifiques de l'INRA¹⁸ et des grandes écoles d'agronomie. Opérationnellement ensuite : la filière est utilisée par les pouvoirs publics pour définir leurs modes d'intervention, l'aide publique française contribuant par exemple largement à la diffusion des études sur les filières. En Afrique francophone, les filières sont aux fondements de l'organisation du secteur agricole (Lançon et al., 2016). En complémentarité avec le concept de filière, le système alimentaire est défini comme l'ensemble des filières alimentaires permettant les liens entre les producteurs et les consommateurs (Malassis, 1979 par Lançon et al., 2016).

¹⁷ Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

¹⁸ Institut national de la recherche agronomique, aujourd'hui INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

Quel développement de la notion de filière en dehors de la littérature francophone ?

La notion de filière est très francophone et trouve difficilement son équivalent dans la littérature anglophone. On peut toutefois lui rapprocher quelques concepts, notamment ceux de « chaîne de valeur » (*value chain*) et de Global Value Chain. Le concept de *value chain* a été développé par Michael Porter. L'entreprise est ici considérée comme un ensemble d'activités qui produisent séparément de la valeur, l'ensemble étant la valeur totale créée par l'entreprise. Le « système de valeur » permet de commencer à analyser les relations d'interdépendance entre l'entreprise, ses fournisseurs à l'amont et ses clients à l'aval. On retrouve bien là l'approche filière, mais centrée sur l'entreprise et non sur le « méso-système » qu'est la filière (Ménard, 2014).

Gerrefi et al. développe le concept de Global Value Chain (Gereffi et al., 2005) : ce concept utilise le même découpage des systèmes productifs que les filières mais en se concentrant sur le « pilote de la chaîne » qui a les moyens techniques, financiers et de réseau, pour gouverner ce processus. Au niveau des politiques publiques, ce concept permet de développer des actions pour ancrer localement les chaînes mondialisées dans les territoires et aider à leur développement (Lançon et al., 2016).

Ce concept de chaîne de valeur est le plus fréquemment utilisé par les institutions et la communauté scientifique internationales pour analyser les relations entre les acteurs d'un système productif (Gereffi et al., 2005 par Lançon et al., 2016). Cependant, la présente étude portera sur la notion francophone, l'emploi du terme filière en gestion des déchets étant spécifique au français. Les textes anglophones utilisent couramment les termes « *stream* » (flux) ou « *sector* » (secteur), qui ne regroupe pas l'ensemble des idées portées par la filière.

2.1.2. Définitions et caractéristiques d'une filière

Consensus sur la définition

Dans le langage commun, une filière est un « *ensemble des phases d'un processus de production qui permettent de passer de la matière première au produit fini vendu sur le marché. (Elle englobe toutes les étapes de transformation depuis l'amont jusqu'à l'aval pour obtenir une famille de produits. Par exemple, la filière bois ou textile.)* » (Larousse¹⁹). L'Insee propose une définition similaire : « *La filière désigne couramment l'ensemble des activités*

¹⁹ <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/fili%C3%A8re/33720>

complémentaires qui concourent, d'amont en aval, à la réalisation d'un produit fini. On parle ainsi de filière électronique (du silicium à l'ordinateur en passant par les composants) ou de filière automobile (de l'acier au véhicule en passant par les équipements). La filière intègre en général plusieurs branches. »²⁰

Académiquement, la notion de filière recouvre un grand nombre de visions, en fonction des avancées théoriques ou empiriques, de la période ou des courants de pensées ou des objectifs des auteur·rices (Assogba, 2018; Ménard, 2014). Une définition large fait toutefois consensus. La filière est une chaîne d'activités diverses liées entre elles, depuis l'élaboration d'un produit en amont, jusqu'à sa commercialisation en aval. La filière est une décomposition verticale des systèmes productifs, elle permet d'observer les interdépendances entre les différentes opérations et acteurs de la chaîne d'activité. La filière est généralement présentée comme un outil d'analyse méso-économique, à mi-chemin entre les analyses micro-économiques (à l'échelle de l'entreprise) et macro-économiques (à l'échelle de l'Etat).

Ainsi, pour Jean-Alain Monfort (1983, p. 3), « *ce concept de filière fait, lui, référence à l'idée qu'un produit, bien ou service, est mis à la disposition de son utilisateur final par une succession d'opérations effectuées par des unités ayant des activités diverses. Chaque filière constitue donc une chaîne d'activités qui se complètent, liées entre elles par des opérations d'achats et de ventes. Cette chaîne est décomposable en segments depuis l'extraction de matières premières et la fabrication de biens d'équipement en amont, jusqu'à la distribution et aux services liés au produit en aval* » (Figure 10, p. 94). Estelle Biénabe et al. (2016) considèrent que le terme filière représente des formes de coordination verticale entre acteurs pour l'élaboration d'un produit et sa circulation jusqu'à sa consommation et que ces formes de coordination vont au-delà des transactions purement marchandes.

²⁰ <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1734>

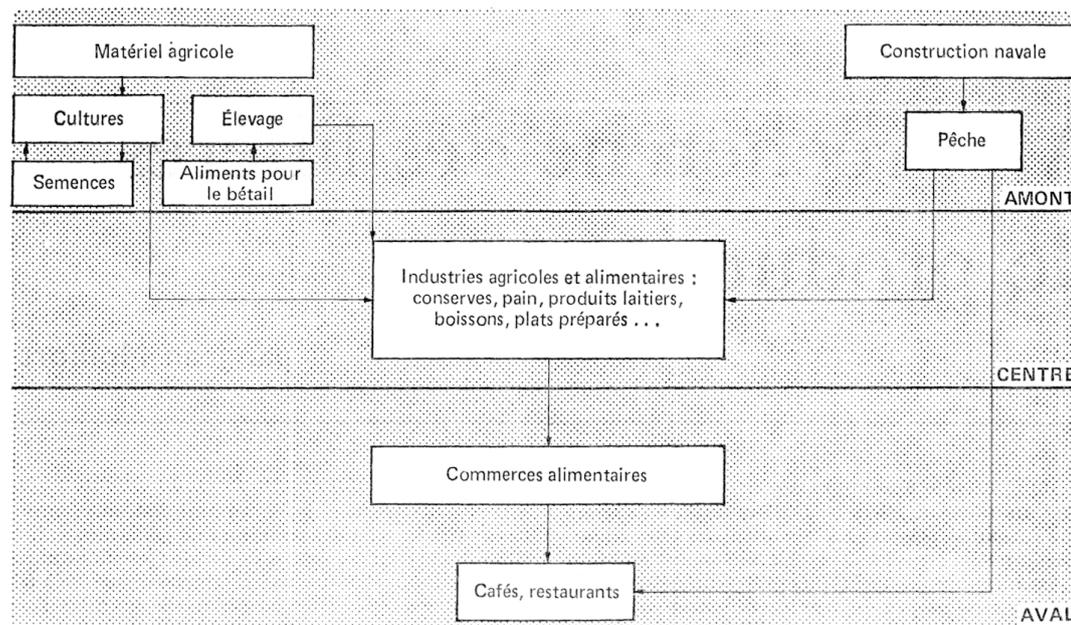


Figure 10 : La filière agroalimentaire (Monfort, 1983).

Plusieurs branches peuvent figurer dans la même filière. Ici par exemple les branches construction navale, construction du matériel agricole, transformation des aliments, ventes des aliments, etc.

Selon Bandt, il existe trois points communs aux analyses en filière (Bandt, 1991 par Ménard, 2014, p. 4) :

- 1) « L'idée d'une transformation productive, la filière étant constituée d'opérations successives articulées autour d'un substrat technique commun;
- 2) Le regroupement d'un certain nombre de secteurs industriels—au sens habituel des nomenclatures—reliés entre eux, en particulier par des échanges de fournisseurs à clients;
- 3) L'intensité des relations entre agents créant des liens d'interdépendance plus ou moins forts, ce qui se traduit par des intérêts et des contraintes communes. »

Au-delà de ces points communs, il existe de nombreuses visions de la filière. Nous tâcherons maintenant de présenter certaines d'entre elles.

La filière, plus qu'un enchaînement de techniques

Pour certain-es, l'articulation entre les différents maillons de la filière est avant tout technique : « [chaque maillon] a besoin du savoir-faire et de la technologie [du précédent] pour façonner la matière sur laquelle [il] travaillera à son tour. » (Assogba, 2018, p. 27). La filière repose ainsi sur une succession d'opérations de transformation, elles-mêmes répondant à des modalités techniques de réalisation (Ménard, 2014). Mais si la filière est d'abord un enchaînement d'opérations techniques, c'est aussi un enchaînement d'opérations logistiques

et commerciales. La filière est en somme une « *combinaison des différentes fonctions nécessaires à l'élaboration d'un produit* » (Lançon et al., 2016).

Outre les articulations technologiques, Joëlle Toledano (1978) distingue deux autres formes d'articulation entre les activités économiques intégrées dans les filières : les articulations de marché et les articulations de capitaux, ces deux formes d'articulation étant majoritairement étudiées par les économistes. Marc Ménard (2014) recense deux autres visions : la filière comme réseau de relations interindustrielles et mode de découpage du système productif ; la filière comme un ensemble organisé de relations et comme champs d'action stratégique des acteurs. Cette dernière vision, plus élaborée selon lui, permet d'étudier les « règles du jeu » qui régissent les interactions entre maillons de la chaîne. Ces règles peuvent concerner les modalités de sous-traitance, de passation des commandes, de transmission d'informations, de crédit interentreprises, de mobilité interentreprises du personnel, des normes techniques, des normes de qualité, des pratiques de concurrence, etc. (Ménard, 2014).

Philippe Hugon définit une filière agroalimentaire selon deux niveaux. Un premier niveau techno-économique où la filière est un « *chemin orienté reliant plusieurs branches depuis en amont la production agricole jusqu'en aval la distribution finale et la consommation des produits agro-alimentaires, en passant par les activités de transformation, de stockage, de transport et de commercialisation des produits* ». Ce niveau permet d'étudier les opérations de transformation de la matière, de transport (évolution spatiale), de stockage (évolution temporelle) et de distribution. Un deuxième niveau, socio-économique, où la filière est un « *lieu intermédiaire pour comprendre la dynamique du système agro-alimentaire, identifier les acteurs, étudier les relations marchandes et non marchandes, analyser les modes d'organisation et repérer les nœuds stratégiques (lieu de valorisation, contrôle des technologies)* ». Ce niveau permet notamment de considérer les modes de régulations et les rapports à l'espace/temps qui sous-tendent l'organisation de la filière (Hugon, 1988, p. 667).

Toujours selon Philippe Hugon, les filières agroalimentaires peuvent alors être caractérisées par quatre éléments :

- 1) Les modes de régulations : prix du marché, relations codifiées, relations contractuelles de sous-traitance, rapports de force ou de pouvoirs, etc. ;
- 2) Les technologies utilisées : industrielles, artisanales, non artificialisées, etc. ;

- 3) Les espaces de références : géographique – local, régional, national, international – et sociopolitique ;
- 4) Les horizons temporels des acteurs : court, moyen, long terme, inter-génération.

Comment délimiter une filière ? Filière de production VS filière produit

Outre ces différences de visions sur la filière comme outil d'analyse, il est également difficile de délimiter opérationnellement une filière. Nous avons vu plus haut par exemple la difficulté méthodologique qu'a rencontrée Jean-Alain Monfort (1983) pour découper l'industrie française en 19 filières, ainsi que pour arbitrer entre les « méso-filières » et les « micro-filières ».

Selon lui, la construction de filières rencontre trois grandes difficultés :

- 1) Les filières sont implicitement linéaires, ce qui ne correspond pas à la réalité des échanges économiques, plus complexes et qui comportent des boucles. L'agriculture vend par exemple des produits aux branches du travail du grain, qui à leur tour vendent à l'agriculture des aliments pour animaux.
- 2) Les nomenclatures utilisées pour l'agrégation en filière ne sont parfois pas assez fines. Il donne pour exemple l'absence de distinction dans la nomenclature des activités et des produits de 1973 entre les métaux ferreux et non ferreux dans les branches « récupération de ferrailles et de vieux métaux non ferreux » et « commerce des métaux ».
- 3) Il serait très arbitraire de constituer des filières strictement disjointes, certaines activités appartenant par nature à plusieurs filières.

Une autre difficulté arrive lorsque l'on souhaite nommer la filière : doit-on parler du produit ou de la matière première utilisées ? Guillaume Assogba (2018) dégage ainsi deux visions : la *filière de production*, centrée sur la matière première utilisée et sur l'amont de la chaîne (par exemple « la filière colza »), et la *filière produit*, centrée sur le produit final et l'aval de la chaîne (par exemple « la filière huile de colza »). Définir des filières de production par « ressources » permet d'étudier les différents débouchés. Laurent Gazull étudie par exemple les filières agricoles qui convertissent une partie de leurs produits pour faire des bioénergies (palmier à huile, canne à sucre, manioc) (Gazull, 2016). A l'inverse, avec une filière produit, on s'intéresse aux modes de production d'un produit donné. Les partisan·es de cette approche considèrent que la valeur ajoutée provient du produit final, sans lequel les étapes antérieures (y compris

la production de la matière première) n'auraient pas lieu d'être. Avec la filière de production, on considère que la matière première a une valeur stratégique plus forte : pas de production de bien sans cette matière (Assogba, 2018).

Outre ces délimitations par produits ou par ressources, il convient également de mentionner les découpages par services (filière de recyclage des déchets, filière de communication, etc.). De manière plus originale, Philippe Hugon (1988) propose un découpage du système agroalimentaire en quatre filières principales, selon leur système d'organisation, leur mode de régulation et leur dimension spatiale : les filières à régulation domestique (locales) ; les filières à régulation marchande (régionales) ; les filières à régulation étatique (nationales) ; les filières à régulation capitaliste (internationales).

Enfin, il convient de noter que chaque filière est-elle-même généralement découpée en trois segments : le segment amont, le segment central et le segment aval. Jean-Alain Monfort (1983, p. 9) nous dit à ce propos : *« Le segment amont d'une filière a été défini comme étant constitué de l'ensemble des branches qui fournissent principalement les autres branches de la filière sans que l'inverse soit vrai : il s'agit d'activités portant sur les matières premières, des industries extractives ainsi que des biens d'équipement utiles à l'ensemble de la filière. Le segment aval est symétriquement défini comme l'ensemble des activités qui achètent surtout aux autres branches de la filière, sans que l'inverse soit vrai. On y trouve les commerces, sauf lorsqu'ils portent sur des biens d'équipement (auquel cas on les affecte en amont), et la plupart des services. Le centre regroupe alors les activités qui ne sont situées ni en amont, ni en aval; il s'agit essentiellement des branches de transformation. »*.

Les définitions théoriques du concept de filière et ses délimitations opérationnelles sont donc multiples et varient en fonction du contexte. Malgré sa pluralité, la notion de filière a permis de nombreuses avancées dans l'analyse des systèmes productifs sur lesquelles nous allons maintenant revenir.

2.1.3. Apports de la notion de filière dans l'analyse des systèmes productifs

Un outil d'analyse des systèmes économiques

L'analyse par filière, via son approche mésoscopique notamment, a permis le renouvellement des analyses économiques. Les précédentes nomenclatures en branche et en secteur notamment (mais aussi des nomenclatures plus précises comme par exemple le système de

classification des industries de l'Amérique du Nord, conçu par les organismes statistiques du Canada, du Mexique et des Etats-Unis) permettent certes de répondre à des besoins statistiques précis, mais difficilement d'étudier la nature des liens entre les différents éléments d'une filière (acteurs, ressources, éléments techniques, etc.) (Ménard, 2014). La nomenclature en filière va ainsi permettre d'étudier « *l'évolution des segments des filières et leurs interactions à travers les marchés, les contrôles des branches ou des segments stratégiques de certaines filières, les positions avantageuses ou handicapées des filières par le biais des comptes d'exploitation, le positionnement des groupes d'entreprises sur les différentes filières et les phénomènes de domination qui en résultent.* » (Monfort, 1983, p. 12).

Pour Marc Ménard (2014), la filière peut potentiellement remplir quatre rôles majeurs : outil de description techno-économique ; modalité de découpage du système productif ; méthode d'analyse de la stratégie des firmes ; un instrument de politique industrielle. Pour De Bandt (1991, cité par Ménard, 2014), seules la description techno-économique et l'analyse des stratégies industrielles sont vraiment rendues possibles par la filière. Bien que ne remplissant pas tous ses rôles potentiels, Ménard considère que l'analyse par filière a apporté des connaissances importantes sur le mode de fonctionnement de plusieurs filières industrielles, leurs dimensions technologiques et techniques, la nature des relations entre entreprises et les stratégies des acteurs. La filière permet ainsi de mettre en évidence, outre les relations marchandes ou techniques en amont et en aval, les stratégies d'acteurs, les relations de coopération et de pouvoir, les contrôles de technologies ou d'informations, les effets de synergie et d'entraînement entre branches, etc. (Hugon, 1988). Ces effets externes d'entraînement sur l'économie sont d'ailleurs essentiels à prendre en compte, car la filière n'est pas une unité déconnectée du reste de l'économie (Toledano, 1978).

Le concept de filière permet d'étudier les interdépendances au sein d'un système productif, les rapports de hiérarchie et de domination entre les différents stades ou même les différentes filières (Hugon, 1988; Ménard, 2014). Si le terme interdépendance revient souvent, Guillaume Assogba (2018) questionne sa pertinence, l'interdépendance impliquant une symétrie dans les relations qui semble peu réaliste, tous les acteurs de la filière n'ayant pas le même poids. Il propose donc plutôt d'analyser les rapports de dépendance.

Un autre intérêt de l'approche filière est la mise en avant des démarches interdisciplinaires, via l'intégration des divers processus et systèmes d'acteurs dans l'analyse. Elle peut ainsi

permettre un dialogue entre la société et la recherche (Fabre et al., 1997, par Lançon et al., 2016).²¹

Il convient toutefois de rappeler une des critiques majeures adressée à l'analyse en filière (déjà mentionnée plus haut) : la difficulté de délimiter précisément une filière donnée. Ces limites varient en fonction du temps, de l'espace, des auteur·rices et de leurs objectifs. Cette difficulté provient à la fois d'une contrainte opérationnelle pour les chercheur·euses de restreindre leur objet d'étude mais aussi de la rapidité de la transformation de l'économie (Ménard, 2014). Marc Ménard (2014) présente ainsi l'exemple de la rapide évolution de l'industrie musicale, entre le disque, la radio et (à l'époque) le service iTunes diffusé par la société Apple.

Un outil de développement des territoires

La filière est également considérée comme un outil de mise en place de stratégies économiques et de planifications volontaristes, aussi bien pour une entreprise ou un groupe que pour des politiques publiques industrielles. Cela va notamment permettre le développement des filières (Toledano, 1978).

La filière a ainsi été fortement utilisée dans l'agroalimentaire, le suivi du produit agricole initial facilitant la mise en place de filières. Les politiques de filières ont ainsi servi à structurer des dynamiques productives de spécialisation agricole (territoriales ou sectorielles), notamment dans les pays d'Afrique francophone (les rapports et les aides de l'Etat français étant, comme vu au paragraphe 1.1.1, fortement orientées sur le concept de filière) (Lançon et al., 2016).

Ce développement des filières pose toutefois aujourd'hui la question du développement durable des territoires. En effet, l'expansion et la mondialisation de filières agroalimentaires de plus en plus spécialisées depuis les années 1960 a conduit à leur déconnexion du territoire et la limite de la durabilité se ressent fortement au niveau local. Les liens entre filières, sur le recyclage des résidus notamment, sont souvent opportunistes et instables (Wassenaar et al., 2016).

²¹ Pour notre propos, on pourra déjà à ce stade noter les liens entre le concept de filière et l'analyse fonctionnelle, les filières pouvant être définies comme « *un système d'acteurs interdépendants remplissant des fonctions complémentaires* », et l'accent peut être mis sur les interdépendances fonctionnelles (Lançon et al., 2016).

De plus, si les politiques de développement des filières peuvent être dans certains cas très bien appropriées localement et valoriser les savoir-faires locaux, elles peuvent également être sources d'inégalité et d'érosion des ressources (Duteurtre et al., 2016).

2.1.4. Synthèse

Ainsi, un certain nombre de critères de caractérisation des filières économiques ressortent.

- 1) Les filières sont composées de flux entrants de ressources en amont et de flux sortants de produits en aval.
- 2) Les filières, qu'elles soient définies par une ressource ou un produit, sont des chaînes de valeur visant à l'élaboration et la distribution d'un bien (produit ou service). Elles transforment des biens pour créer de la valeur économique.
- 3) Les filières sont des chaînes d'activités multiples, reliées entre elles par des échanges techniques, logistiques, commerciaux, marchands ou de capitaux. Ces échanges sont plus forts au sein de la filière qu'avec l'extérieur de la filière. Ces relations fortes créent des liens d'interdépendance, des intérêts et des contraintes communes.
- 4) Les filières sont des décompositions verticales, linéaires des systèmes productifs. Elles peuvent être découpées en segments amont/centre/aval.
- 5) Les délimitations des filières sont subjectives. Des macro-filières peuvent être découpées en micro-filières. Des filières peuvent se superposer.
- 6) Les échanges au sein d'une filière sont encadrés par des règles explicites ou implicites.
- 7) Les filières possèdent une dimension spatiale, elles peuvent être implantées localement, régionalement, nationalement ou internationalement.

Nous allons maintenant voir dans quelles mesures l'utilisation de la notion de filière en gestion des déchets correspond à ces éléments de définition générale et quelles spécificités elle présente.

2.2. Les filières de gestion des déchets

2.2.1. Naissance du déchet urbain et structuration de la gestion

Les premières « filières » de gestion des déchets urbains

La notion de déchet est finalement assez récente. Sabine Barles (2005) enquête sur « *l'invention des déchets urbains* » dans son livre éponyme. Des années 1790 aux années 1870,

la force des liens entre la ville, l'agriculture et l'industrie permettent la réutilisation des rejets des uns (et notamment de la ville) pour l'utilisation des autres. Le grand exemple est celui des chiffons, utilisés dans l'industrie papetière. On voit alors l'essor du métier de chiffonnier·ère²² et d'une « filière du chiffon », informelle. Les chiffonnier·ères récupéraient les vieux chiffons des ménages et des commerces pour les revendre à l'industrie papetière, pour laquelle le chiffon est rapidement devenu une ressource rare. De nombreuses autres ressources étaient ainsi collectées : les os des boucheries étaient utilisés dans la production du sucre de betterave et du charbon animal, les boues de rues et les vidanges servaient d'engrais dans les cultures voisines, etc. Bien qu'à l'époque le terme déchet n'existe pas, il y avait tout de même des pollutions et des rejets de réactifs dans l'air, l'eau et les sols, les procédés de recyclage n'étant pas parfaits.

On voit dans cet historique que la gestion des déchets a toujours fonctionné, en quelque sorte, « par filières ». Ainsi les chiffonnier·ères, équipées de paniers, brouettes ou petites charrettes, ramassaient les chiffons, qu'ils revendaient ensuite à des « *maitres chiffonniers* ». Venaient ensuite les négociant·es, qui sélectionnaient et revendaient la matière aux industries papetières (Barles, 2005). Ces filières de collecte informelles²³ sont toujours à la base du système de gestion des déchets dans de nombreux pays du Sud où elles font régulièrement l'objet de travaux : *zabbâlin* en Egypte (Debout and Florin, 2011; Desvaux, 2020) ; *cartoneros* en Argentine (Gutberlet and Carengo, 2020) et autres *waste pickers*²⁴ (Dias, 2016; Kain et al., 2022).

La formalisation de la gestion des ordures ménagères

A partir des années 1880, du fait de la limitation des rejets urbains par rapport au développement de l'industrie et de l'agriculture, ces dernières se tournent vers des matières premières extraites du sol et de l'atmosphère. Les villes se retrouvent alors encombrées

²² Malgré une représentation essentiellement masculine de la profession, entre 1829 et 1872, un tiers des chiffonniers parisiens étaient des chiffonnières (Ibos, 2020).

²³ Par « informelles », nous entendons ici des activités qui ne sont pas enregistrées dans un cadre légal public ou administratif des entreprises. François Roubaud considère que le terme informel est utilisé pour « *parler d'une entité qui aurait ses propres pratiques et ses propres dynamiques* » (Pierrat, 2014). Cette définition fonctionne pour la collecte informelle aujourd'hui, qui cohabite avec un système institutionnalisé de gestion de déchet, mais pas pour les premier·ères chiffonnier·ères puisqu'il n'y avait pas à l'époque de système formel de gestion des déchets.

²⁴ Notons que ces ramasseur·ses de déchets existent également dans les pays du Nord, notamment en Europe du Nord où le système de consignes des emballages leur permet d'échanger les déchets ramassés contre de l'argent. Moins essentiel·les à la collecte à proprement parler, iels participent activement au tri.

d'eaux usées et de déchets urbains qui deviennent une charge. C'est ainsi que voit le jour, le 24 novembre 1883 à Paris, le fameux arrêté du préfet Eugène Poubelle qui oblige les propriétaires d'immeubles à mettre à disposition des occupant·es des boîtes pour déposer leurs ordures. Cet arrêté, bien que fortement décrié, perdurera et participera à la diffusion de l'utilisation des poubelles en France²⁵.

Le problème des déchets s'accroît au cours du XXe siècle, avec l'amélioration du niveau de vie, la hausse de la consommation, l'urbanisation, l'arrivée du plastique, etc. Des nouveaux moyens de gestion (visant principalement à l'élimination du déchet) sont mis en place : décharges contrôlées, rejet en mer, etc. On accepte petit à petit l'abandon du déchet, les excréments deviennent des rebuts et non plus des ressources.

En France, le travail de collecte des déchets ménagers, d'abord réalisé informellement par les chiffonniers·ères, a progressivement été structuré formellement : officialisation du statut de chiffonniers·ères à Paris par le port d'une médaille délivrée par la préfecture à partir de 1828, début de la collecte des « boîtes à ordures » par tombereau à partir de 1883, instauration de la Taxe d'enlèvement des ordures ménagères en 1926, amélioration du matériel de collecte qui mène au déclin du chiffonnage dans les années 50, mise en place des décharges contrôlées dans les années 60 (Barles, 2005), obligation de collecte par la commune en 1975 (Rocher, 2006), etc.

Sont ouvertes dans la foulée des usines de traitement des gadoues qui permettent la production d'engrais. Toutefois, à partir de 1907, ces usines seront rapidement supplantées par l'incinération, jugée plus hygiénique (moins de mauvaises odeurs, d'encombrement, de dispersion des ordures transportées, etc.) et permettant une récupération énergétique.

Premières lois sur les déchets et développement des filières

Il faudra cependant attendre 1975 pour voir la première loi sur les déchets²⁶. Cette loi définit légalement le déchet pour la première fois. Un déchet est alors : « *tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon* ». Elle introduit également le déchet ultime comme « *un déchet, résultant ou non du traitement d'un*

²⁵ A noter que le préfet Poubelle n'est pas à l'origine de l'invention des boîtes à ordures, déjà utilisées à Lyon depuis plusieurs décennies.

²⁶ Loi n° 75-633 du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux

déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux ». La loi de 1975 introduira également le principe de responsabilité des producteur·rices ou détenteur·rices de déchets, la commune comme responsable de l'élimination des déchets ménagers, le principe de valorisation des déchets et la possibilité de mise en place de plans départementaux (Rocher, 2006).

Toujours sans que les filières ne soient définies officiellement, la gestion des déchets continue de s'organiser en filières. Un « contrat-emballage », précurseur du futur système Eco-emballage, est signé par l'interprofession de l'emballage des liquides en 1979 (Rocher, 2006). La fin des années 80 voit la mise en place de la collecte différenciée des ordures ménagères, avec une première expérience à Dunkerque en 1989, qui entérine l'idée de filière : « *à chaque déchet, ou catégorie de déchet, sa filière de valorisation ou d'élimination* » (Bertolini, 1992)²⁷. Les premiers plans déchets effectifs, qui font suite à la loi de 1992, confirment officiellement la séparation entre la gestion des déchets ménagers, des déchets du BTP, à l'échelle départementale, et des déchets « industriels et spéciaux », à l'échelle régionale (Rocher, 2015).

A partir des années 2000, le principe des filières à responsabilité élargie des producteur·rices (filières REP) se généralise pour couvrir de plus en plus de flux de déchets (Figure 11, p. 104), entraînant une multiplication des filières de valorisation et de recyclage. Les discours sur la prévention prennent également une place de plus en plus importante.

²⁷ Pour plus d'éléments sur cette expérience : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k96083639/f62.item>

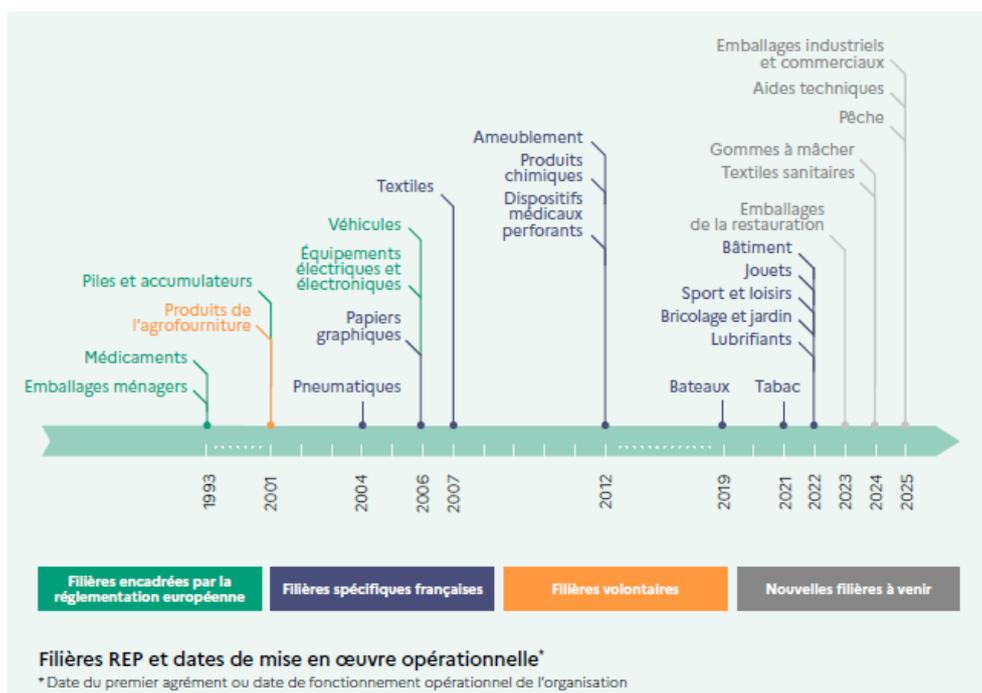


Figure 11 : Les filières REP (Ademe, 2022)

2.2.2. Utilisation du terme filière

Ainsi, le terme filière est désormais abondamment utilisé en gestion des déchets. On parle de filières matériaux (filière plastique, filière des métaux ferreux, etc.), de filières par flux de déchets (filière des DEEE, filière des emballages, etc.), des filières à responsabilité élargie des producteur·rices (REP), de filière de traitement, de recyclage, de compostage, d'incinération, etc. Toutefois, il est rarement défini précisément, et surtout les délimitations de chaque filière sont floues.

Nous nous attarderons dans cette partie sur les diverses utilisations du terme filière et leurs implications.

Apparition du terme filière

Bien que très utilisé aujourd'hui, le terme de filière de gestion des déchets n'a qu'une trentaine d'années. Dans les textes réglementaires, il n'apparaît ni dans la loi de 1975, qui parle toutefois d'installations de traitement par « *catégorie de déchets* », ni dans celle de 1992. Il apparaît pour la première fois dans la loi Grenelle I, qui mentionne les « *filières agréées de collecte sélective et de traitement des déchets* » (article 46, LOI n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement I). Les filières à responsabilité élargie des producteur·rices apparaissent officiellement dans la loi de

transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) de 2015 (LOI n° 2015-992). Le terme semble en revanche être couramment utilisé dès le premier plan national de gestion des déchets de 2004²⁸. C'est bien sûr également le cas des deux plans suivants, celui de 2014-2020 (Ministère de l'Écologie, 2014) et celui de 2021-2027 (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, 2019).

En dehors des documents législatifs officiels, le terme semble commencer à apparaître à la fin des années 80 – début des années 90, plutôt pour l'épuration. En 1975, Y. Hellot classe les différentes techniques d'épuration des eaux ammoniacales « *en trois filières possibles* » (Hellot, 1975). On trouve un article de 1979 intitulé *Les filières moderne de traitement des boues* par JP Leglise²⁹, et en 1986 un livre *Assainissement autonome - guide pour le choix des filières* par Christian Cochet et Yves Baudry³⁰. En 1984, la thèse de Paul Mousty³¹, *Mise en œuvre et contrôle des performances de procédés de compostage adaptés au traitement des boues d'épuration*, utilise « *l'approche générale des filières de compostage, allant du producteur de boues à l'utilisateur potentiel* », pour « *acquérir les données technico-économiques nécessaires au dimensionnement d'unités industrielles de compostage* ».

Nous nous sommes également intéressée à l'apparition du terme filière dans la revue TSM – Techniques, Sciences, Méthodes – Génie Urbain, Génie Rural, qui présente des articles écrits par des opérationnel·les, dont les numéros de 1986 à 2006 ont été archivés par la BNF³². Le terme filière n'est pas encore utilisé en 1986, où l'on parle par exemple « *des trois axes traditionnels que sont l'incinération, le compostage et la décharge* » (Garrido and Leroy, 1986). De même, en 1989, « *trois grandes familles de traitement de déchets industriels* » sont évoquées (Fauquant et al., 1989). Dans les revues de 1990, on voit en revanche apparaître plusieurs fois le mot filière, notamment dans deux articles. Le premier, *Où en est la filière tri/compostage des ordures ménagères en France ?* (Noyon and Begnaud, 1990) est écrit par des membres de l'ANRED (Agence Nationale pour le Récupération et l'Élimination des Déchets, ancêtre de l'ADEME) et pose globalement la filière tri/compostage comme un ensemble de chaînes de différents traitements. Le deuxième, *La filière déchet* (Le Doré, 1990),

²⁸ Source : <https://aida.ineris.fr/node/29761/printable/print>

²⁹ <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCAL8060138519>

³⁰ Livre trouvé sur la base de données de la bibliothèque de l'école des Ponts

³¹ Idem

³² <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb34374224d/date.r=.langEN>

écrit par le directeur de la CGEA (ancêtre de Veolia), prône la mise en place « *d'une véritable "filrière" des déchets, allant de la collecte à la mise en décharge des déchets ultimes, en passant par le tri, le recyclage (et ses débouchés), l'incinération...* ». La revue présente également l'édition de 1989 du *Guide pour l'élimination et la valorisation des déchets* publié par l'ANRED qui comprend un chapitre « *Comment choisir la filière de traitement d'un déchet ?* »³³. On pourrait ainsi supposer, *peut-être*³⁴, que le terme a d'abord été utilisé par les opérationnel·les de la gestion des déchets et poussé par l'ANRED avant d'être repris par les législateur·rices.

Toujours dans la revue TSM, on peut suivre l'évolution de l'utilisation du mot filière. Dès 1991, la politique des déchets dans la communauté économique européenne (CEE) « *[pose] des questions sur les filières d'élimination prioritaires* », parmi lesquelles « *on distingue principalement le recyclage, l'incinération et la décharge* » (Junger and Grenet, 1991), comme pour les « *trois axes traditionnels* » de 1986. A partir de là, l'utilisation du terme filière dans la revue semble se démocratiser. On pourra citer par exemple un article de 1992 sur la collecte des déchets toxiques des ménages qui dit : « *des filières existent déjà pour les huiles usagées, les médicaments et les piles boutons* » (Poiraud, 1992), un article de 1995 présentant l'intérêt de mettre en place des filières de valorisation des PEVF (Produits Electronique en Fin de Vie, aujourd'hui DEEE) et les obstacles techniques, économiques et organisationnels à ce développement (Lafranchi et al., 1995), ou un dossier de 2006 sur la filière de méthanisation (Adler, 2006). Le terme semble ainsi se répandre sous l'utilisation de « *filière de traitement X d'un déchet Y* ».

Outre cette utilisation générique, le terme filière est de plus en plus lié à la responsabilité élargie des producteur·ices (précisons que cela ne remplace pas les autres utilisations).

Les filières REP : des filières bien délimitées ?

La filière *transformation et valorisation des déchets* est une des 19 filières du Conseil National de l'Industrie (CNI). Elle « *regroupe les activités liées à la collecte, au traitement et à la valorisation des déchets* »³⁵. Toutefois, avec le dispositif des filières à Responsabilité Elargie des Producteur·ices (filières REP), la filière se retrouve « *allongée* » par rapport à cette

³³ <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k96131388/f11.item>

³⁴ Prenons cette supposition avec toutes les précautions nécessaires, cette brève étude « historique » n'était pas vraiment réalisée dans les règles de l'art...

³⁵ <https://www.conseil-national-industrie.gouv.fr/comites-strategiques-de-filiere/la-filiere-transformation-et-valorisation-des-dechets>

définition puisque, selon l'ADEME, « le dispositif de responsabilité élargie du producteur (REP) a pour objectif d'agir sur l'ensemble du cycle de vie des produits : l'écoconception des produits, la prévention des déchets, l'allongement de la durée d'usage, la gestion de fin de vie. »³⁶

Les filières REP sont une application du principe pollueur-se payeur-se. Les producteur·ices deviennent responsables de la gestion des déchets issus de leurs produits. Bien qu'elles puissent opérer individuellement, les entreprises se regroupent généralement au sein de structures collectives, appelées éco-organismes. Ces éco-organismes peuvent soit se contenter de récolter les contributions financières des producteur·ices et les redistribuer aux opérateur·rices (collectivités territoriales ou acteurs privés) qui assurent la collecte et le tri des déchets (modèle dit contributif ou financier), soit utiliser eux-mêmes les contributions financières pour contractualiser les prestataires de gestion des déchets (modèle opérationnel) (Ministère de la transition écologique et des territoires³⁷).

Du fait de l'attention portée à l'action des producteur·ices, les filières REP sont délimitées par flux de déchets en amont de la filière, soit par le bien dont on se débarrasse et non par le matériau produit (filières REP DEEE, textiles, meubles, etc.). Les filières REP sont décidées au niveau national, avec notamment la rédaction du cahier des charges et l'identification des éco-organismes, mais s'organisent localement.

L'utilisation du terme filière, en particulier avec l'avènement des filières REP, peut donner l'impression que celles-ci sont bien délimitées, organisées selon un modèle linéaire bien défini, que chaque déchet trouve sa place, possède sa filière et son mode de traitement. Or la réalité est bien plus complexe. Prenons par exemple la filière REP de gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), implantée depuis 2006, dont les flux semblent *a priori* facilement identifiables et les modes de collecte et de traitement bien connus. La *macro-filière* DEEE est divisée *a minima* en six *micro-filières* : gros électroménager hors froid, gros électroménager froid, petit électroménager, équipement informatique, ampoules, piles³⁸. Chaque micro-filière possède ses propres mode de collecte (points de

³⁶ <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/filieres-a-responsabilite-elargie-producteurs-rep>

³⁷ <https://www.ecologie.gouv.fr/cadre-general-des-filieres-responsabilite-elargie-des-producteurs>

³⁸ A noter que la filière « piles et accumulateurs portables » était une filière autonome, antérieure à la filière DEEE, de 2001 à 2006.

collecte, acteurs impliqués) – qui varient en fonction des territoires³⁹ – et ses propres modes de traitement et exutoires (Figure 12, p.108). Après le démantèlement, les différents composants des items initiaux se retrouvent mélangés dans d’autres filières, par exemple la filière ferraille. De nombreux déchets se retrouvent également hors filière REP. Ecosystem rapporte ainsi que 48% des flux de DEEE ménagers ne sont pas captés par la filière REP : 21% du gisement rejoint directement la filière déchets métalliques, 12% sont perdus à causes d’erreurs de tri en aval des filières OMR et DAE, le reste étant probablement exporté, sans indication sur la qualité des biens et la légalité des exports (OCAD3E and ADEME, 2020).

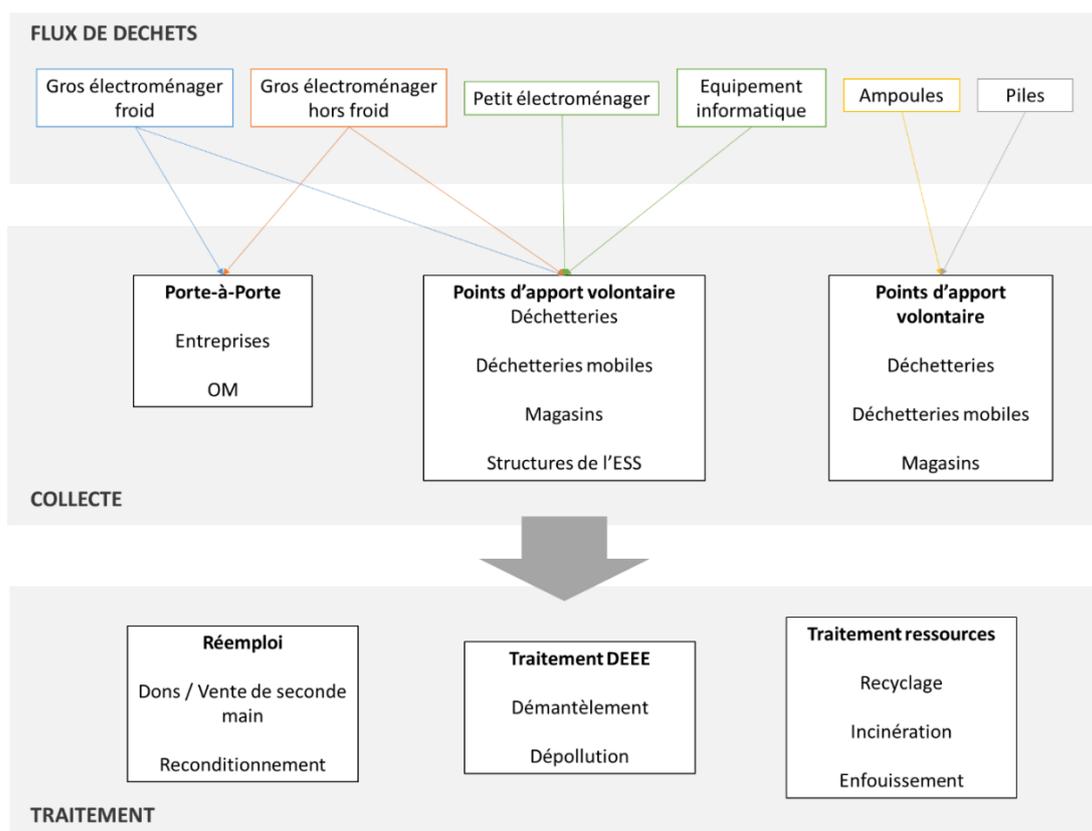


Figure 12 : Schéma des flux de déchets de la filière DEEE, leurs modes de collecte et de traitement

De plus, assez paradoxalement, les filières de gestion des déchets visent à diminuer les quantités de déchets et suivent des « non-déchets » puisque les biens réemployés (même s’ils subissent des opérations de réparation) ne sont pas considérés comme des déchets⁴⁰.

³⁹ Par exemple on trouvera (entre autres) des déchetteries mobiles pour le petit électroménager dans des territoires très denses comme Paris, où les gens sont regroupés et peu véhiculés, mais pas dans des territoires moins denses où les habitants vont plus fréquemment en déchetterie.

⁴⁰ Ce paradoxe se retrouve dans toutes les études ou politiques sur les déchets puisque la hiérarchie de gestion des déchets promeut l’évitement du déchet.

Enfin, bien que les éco-organismes possèdent des feuilles de route nationales, ils ont des implantations régionales (Centre Est, Sud Est Corse, etc. pour Ecosystem...), sans parler des autres acteurs locaux des filières (entreprises, associations, collectivités territoriales, etc.). Doit-on alors parler d'une seule filière de gestion des DEEE (et dans ce cas, est-elle nationale ou internationale, de nombreux déchets étant exportés à l'étranger⁴¹ ?), ou de plusieurs filières locales ?

La filière, un outil d'analyse théorique du système de gestion des déchets ?

Très peu d'auteur-rices prennent la peine de définir précisément une filière, bien que la notion soit abondamment utilisée dans la littérature scientifique, notamment comme unité d'analyse. José Serrano identifie par exemple les acteurs locaux de la filière d'épandage comme « *les élus des communes concernées, les techniciens et les agriculteurs chargés de l'application du plan d'épandage ainsi que les associations ayant contesté le plan* » (Serrano, 2012). Pour Laurence Rocher (2015), « *l'organisation de la gestion des déchets relève d'un ensemble de pratiques, de techniques et d'infrastructures, qui consistent à mettre en relation des flux de matières et des exutoires* ». Les flux sont repartis en filières et en sous-filières, dont le nombre augmente avec la sophistication des circuits de recyclage.

Lise Debout présente le système de gestion des déchets comme un « *réseau mou* », avec des points d'échanges fixes mais sans infrastructures linéaires dures. Cela permet des différenciations de la filière en fonction des différents flux de déchets, mais aussi en fonction des différentes étapes de la gestion. En effet, « *entre chacune des étapes de la filière (collecte, stockage ponctuel, transport, dépôt), le déchet est susceptible d'être intercepté ou abandonné par l'autorité (publique ou privée) en charge de la gestion mais aussi par des tiers (habitants, collecteurs informels)* » (Debout, 2012).

Quelques travaux mobilisent plus amplement le concept. Parmi eux, Hélène Beraud (2013) définit la filière comme « *un enchaînement d'opérations permettant d'aboutir aux résultats escomptés* ». Elle se décompose en étapes de traitement ou étapes correspondant à des procédés techniques. Les filières sont définies en fonction de la nature du déchets traité (emballage, déchets vert...), du procédé principal utilisé (thermolyse...) ou de l'objectif de traitement (valorisation énergétique...) (Rogaume, 2006, par Beraud, 2013). Alain Navarro

⁴¹ Ecosystem estime à 63 000 tonnes la quantité de DEEE exportés en 2019 (OCAD3E and ADEME, 2020 - p.76)

(2000, cité par Beraud, 2013) identifie ainsi six macro-filières de traitement, elles-mêmes divisées en 20 micro-filières procédés (Tableau 13, p. 110).

Tableau 13 : Macro et micro-filières identifiées par Alain Navarro (d'après Beraud, 2013)

Macro-filières	Micro-filières
Valorisation énergétique	Combustion (filière 1), élaboration de combustibles dérivés par procédés mécaniques (filière 2), par procédés thermiques (filière 3) et par procédés biologiques (filière 4)
Valorisation des matières premières organiques et minérales	Valorisation des matières premières organiques (filière 5) et des matières premières minérales (filière 6)
Valorisation de matériaux	Valorisation des liants hydrauliques et des matériaux de structure (filière 7), des verres Et céramiques (filière 8), des matières plastiques et des caoutchoucs (filière 9), des fibres cellulosiques de récupération (filière 10), et des autres matériaux (filière 11)
Valorisation en agriculture et en élevage	Elaboration d'amendements organiques (filière 12), élaboration d'amendements minéraux (filière 13) et alimentation animale (filière 14)
Valorisation en techniques de l'environnement	Epuration des effluents liquides et gazeux (filière 15) et conditionnement des déchets toxiques (filière 16)
Elimination	L'incinération et autres procédés thermiques (filière 17), les traitements biologiques (filière 18), les traitements physico-chimiques (filière 19) et la mise en décharge (filière 20)

Hélène Beraud considère que le système de gestion des déchets est divisé en sous-systèmes « filières ». Chaque filière est composée d'agents de pré-collecte, de collecte, de transformation, de stockage temporaire⁴², d'enfouissement, de valorisation (Figure 13, p. 111). Elle étudie ainsi le système de gestion des déchets ménagers à Ivry-sur-Seine et identifie huit filières : ordures ménagères résiduelles ; verre ; journaux, magazines et revues ; emballages hors verre ; encombrants ; déchets dangereux ; DEEE ; déchets des activités de soin.

⁴² « Stockage temporaire » est ici opposé au « stockage définitif » que constitue l'enfouissement. Les agents de stockage temporaire correspondent donc aux déchetteries, centre de transfert, etc. Nous appellerons cela un simplement un agent de stockage, les « agents de stockage temporaire » correspondant pour nous aux zones de stockage temporaire mises en place après une catastrophe (et acteurs assimilés).

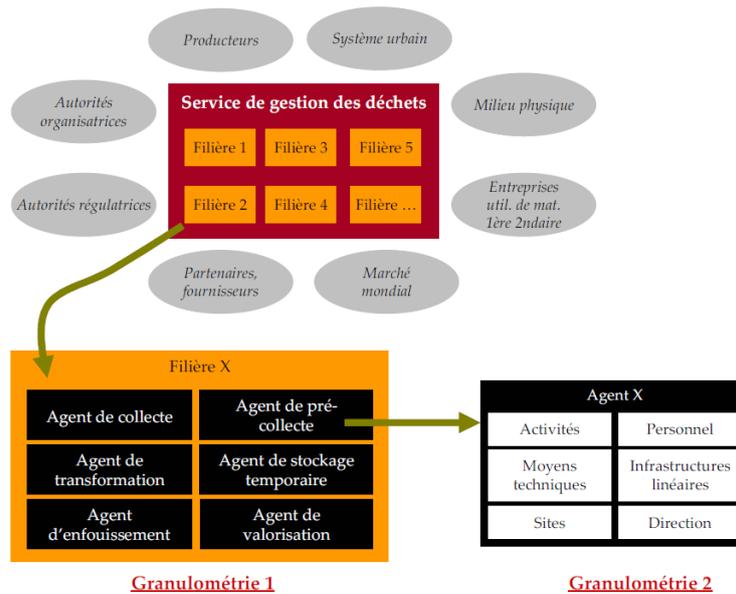


Figure 13 : Décomposition du système de gestion des déchets en filières par Hélène Beraud (2013)

Jean-Baptiste Bahers étudie les DEEE et parle de « *filières de récupération-recyclage* », de « *filières d'élimination de déchets (incinération, enfouissement) et de recyclage à l'exportation* », et de « *la filière des DEEE* » (Bahers, 2014). Il décrit la filière des DEEE comme « *une succession d'étapes (de la mise sur le marché, à l'utilisation en finissant par la mise au rebut et le traitement de ces déchets), ce qui permet d'établir les relations entre elles.* » (Bahers, 2014, p. 5). Ces étapes constituent un ensemble qui a un amont et un aval. En amont de la filière, les flux entrants sont les appareils électriques vendus. En aval de la filière, on trouve les produits et coproduits du système qui sont revendus sur le marché (les flux de matières recyclées) et les flux d'élimination qui sont le plus souvent valorisés énergétiquement. Il donne des éléments d'orientation vers une caractérisation plus précise de la filière :

1. Deux entrées principales pour étudier les dynamiques de la filière [DEEE] : « *l'analyse du métabolisme territorial de la filière, c'est-à-dire l'analyse de la circulation des flux au sein de la filière dans un cadre spatial, en matière de consommation d'énergie et de matière, de transformation des déchets et de rejets.* » et « *le positionnement du système d'acteurs qui pilotent ce métabolisme territorial* » (Bahers, 2014, p. 2).
2. Une « *réalité quantitative* » de la filière via la circulation des flux de déchets.

3. Outre les flux amont et aval décrits précédemment, la filière est en relation avec son environnement via les rejets en eaux usées, atmosphériques et vers le sol au travers de l'enfouissement de déchets.
4. Certains DEEE s'insèrent dans des filières de recyclage « *inappropriées* », car l'obligation d'extraction de composants dangereux et les objectifs de valorisation n'y sont pas respectés. Cette idée de filières inappropriées, que l'on retrouve également dans les rapports des filières REP lorsqu'ils calculent les flux de déchets captés ou non par la filière, est intéressante car elle valide l'idée de l'existence de filières bien délimitées, puisqu'il y aurait pour chaque déchet des « bonnes » ou des « mauvaises » filières.
5. La filière des DEEE est un système aux articulations multiscalaires, qui s'insère dans des logiques de marché mondialisé des matières premières secondaires.

Anne-Lise Merot étudie la gouvernance de la filière REP DEEE dans laquelle « *tous les acteurs de la filière ont entre eux des liens spécifiques associés soit aux flux physiques, soit aux flux financiers, soit encore à des flux informationnels.* » (Merot, 2014, p.146). Outre une identification des acteurs de la filière, ses travaux mettent en avant plusieurs résultats intéressants :

1. La filière DEEE possède deux niveaux de gouvernance : un niveau de gouvernance opérationnelle, incarné par l'éco-organisme, et un niveau de gouvernance stratégique qui implique toutes les parties prenantes de la filière via des instances plus ou moins formelles ou informelles.
2. Les enjeux de la gouvernance des DEEE sont plus centrés sur la performance sociétale et environnementale que sur la performance économique.
3. Le pouvoir des différents acteurs de la filière dans la gouvernance est déséquilibré. Les associations par exemple, bien que légitimes, ont moins de pouvoir du fait de leur manque de ressources financières.
4. La filière REP DEEE a été la première à avoir plusieurs éco-organismes. Cette multiplicité provient d'une règle de liberté des regroupements des producteur-ices et du droit de concurrence mais complexifie à la fois l'organisation de la collecte et du traitement et l'organisation de la gouvernance de la filière.

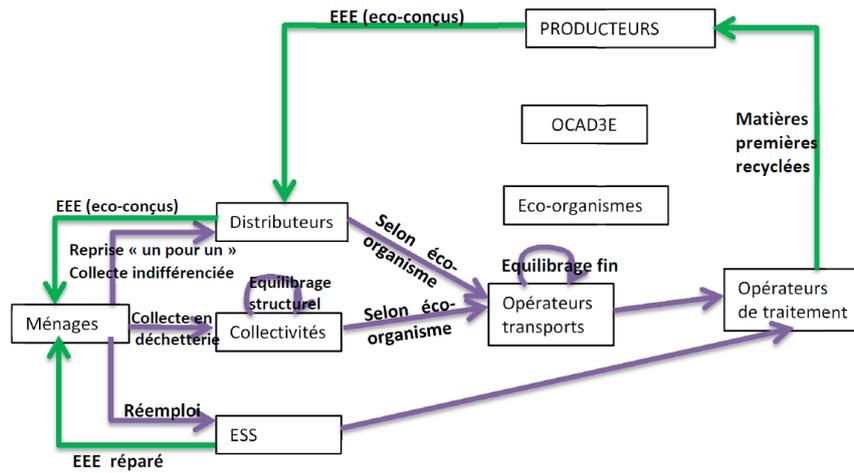


Figure 14 : Schéma de la filière REP DEEE, flux de déchets (Merot, 2014)

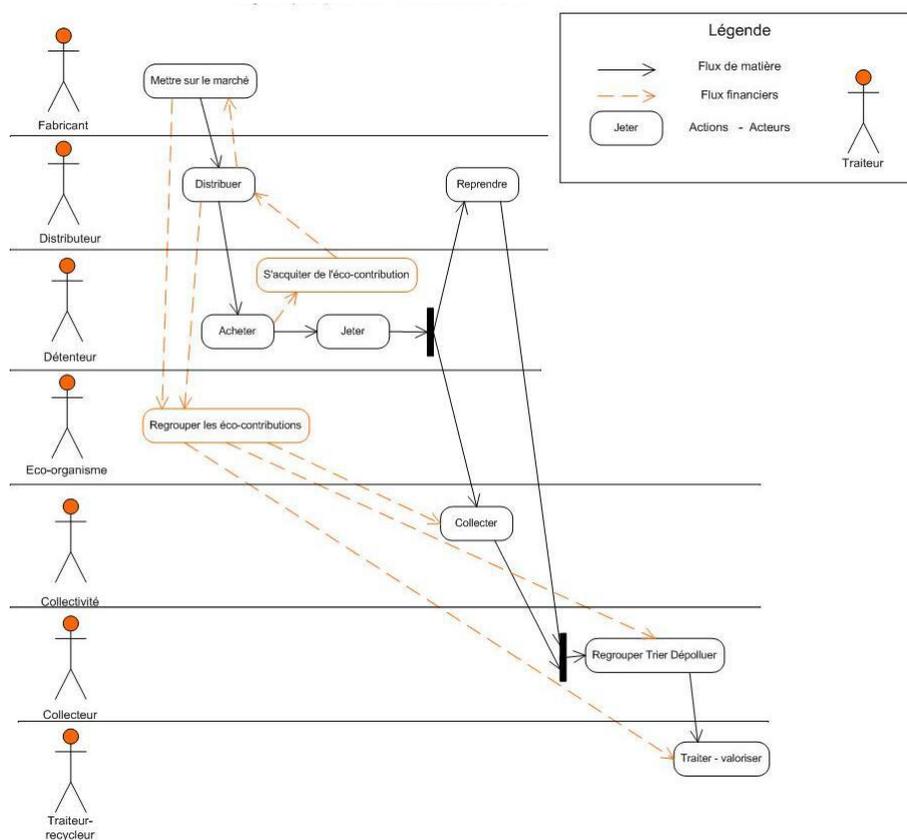


Figure 15 : Diagramme UML d'activités : les acteurs de la R.E.P. (Bahers, 2012)

Jean-Baptiste Bahers et Anne-Lise Merot identifient toutes les deux les acteurs de la filière REP DEEE (Figure 14, p. 113, et Figure 15, p. 113). On observe que la représentation d'Anne-Lise Merot, contrairement à celle de Jean-Baptiste Bahers qui conserve une filière linéaire,

présente un bouclage circulaire de la matière. Dans les deux cas, on constate que les éco-organismes, acteurs pourtant centraux de la filière, ne participent pas aux échanges de flux physiques.

Ainsi, si les utilisations du terme filière en gestion des déchets semblent plus ou moins concorder, les délimitations des filières restent floues et des questions restent en suspens, aussi bien opérationnellement que théoriquement. Qu'est-ce qui compose une filière ? Quels acteurs ? Quels processus ? Quels lieux physiques ? Comment sont-elles encadrées ? Par quelles normes et/ou dispositifs réglementaires ? Comment sont-elles organisées ? Comment échangent les acteurs ? Doit-on parler de filières de gestion, de recyclage, de collecte ? Doit-on suivre des filières « produits » ou « matières premières » ?

2.2.3. Proposition de caractérisation des filières

Afin de donner des pistes de réponses à ces questions et de s'accorder sur ce que nous entendons par filière dans la suite de la thèse, nous tâcherons ici de définir une filière de gestion des déchets et de synthétiser, à partir des éléments présentés précédemment, les critères qui permettent de la caractériser.

Définition générale d'une filière de gestion des déchets

Au vu de ce qui a été dit dans ce chapitre, on commencera par constater que, pas plus qu'il n'existe de vision unique de la filière industrielle ou agricole, il n'est possible de donner une vision unique de la notion de filière de gestion des déchets.

Nous pouvons toutefois bien sûr donner une définition large et inclusive. **Une filière de gestion des déchets est une chaîne verticale d'activités liées entre elles par des échanges (circulation de déchets et matériaux, flux d'information, transactions marchandes, etc.), depuis l'élaboration d'un bien jusqu'à la gestion de sa fin de vie.** La différence principale avec la définition générale d'une filière est l'aval qui s'étend jusqu'à la fin de vie et non seulement jusqu'à la mise à disposition du bien. Commencer la chaîne à partir de l'élaboration d'un bien (et non seulement à son passage au statut de déchet ou à sa mise sur le marché) permet d'inclure les nouvelles problématiques d'écoconception et plus largement de prévention des déchets.

Afin d'affiner cette définition, nous pouvons tenter de positionner les filières déchets par rapport aux autres filières des systèmes productifs présentées plus haut (2.1).

Les filières déchets, des filières industrielles comme les autres ?

Les filières déchets sont, comme les autres, une succession d'opérations techniques et marchandes visant à la transformation, au transport ou à la distribution d'un item le long d'une chaîne d'activités. Ces opérations techniques et marchandes sont accompagnées de liens organisationnels, de rapports de coopération et de pouvoir entre les acteurs de la filière. Elles ont jusqu'à maintenant servi également comme outils d'analyse et comme outils de développement des politiques publiques (via les filières REP en particulier). Revenons plus en détails sur les sept critères de définition générale des filières proposés dans le paragraphe 2.1.4 (p. 100) pour voir dans quelles mesures les filières déchets y répondent.

- 1) **Des flux entrants de ressources en amont et sortant de produit en aval.** Une première spécificité des filières déchets est liée à la nature même du déchet : l'amont et l'aval sont différents des filières industrielles et agricoles. L'amont est généralement inversé : en amont des filières déchets, on trouve les produits (aval) des filières industrielles et agricoles. On peut toutefois faire remonter la filière jusqu'à l'élaboration d'un produit si on s'intéresse à l'écoconception. Si on parle des filières de recyclage et de valorisation, alors l'aval est également inversé puisque l'objectif est d'obtenir de nouvelles ressources, dites matières premières secondaires. Cela diffère légèrement pour les autres types d'actions de prévention et/ou de traitement des déchets. Le réemploi permet d'éviter la production de déchet et la réutilisation de réinsérer un produit dans une filière⁴³. L'élimination par enfouissement ne produit pas de ressource. On peut éventuellement considérer qu'un service a été rendu. On pourrait donc considérer qu'une filière déchet possède **des flux entrants de produits en amont et des flux sortants de ressources ou de service en aval**, ainsi que des déchets ultimes à éliminer pour les filières de valorisation.
- 2) **Une production de valeur.** Dans la continuité de ce raisonnement, avec le déchet comme rebut, toutes les filières déchets ne produisent pas de valeur économique, du fait de la faible valeur économique du déchet. Les filières industrielles ont été créées pour améliorer la compétitivité de l'industrie, et donc ses gains économiques.

⁴³ Le réemploi est « toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus » et la réutilisation « toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau » (article L541-1-1 du Code de l'environnement).

Toutefois c'est un peu différent pour la gestion des déchets, qui s'avère peu rentable économiquement sur un certain nombre de flux. Ainsi de nombreux déchets sont incinérés ou enfouis car ces modes de traitement sont souvent moins coûteux que la réutilisation ou le recyclage, bien que peu intéressants en termes de préservation des ressources. Le réemploi, la réutilisation et le recyclage rencontrent ainsi divers problèmes : certaines techniques de recyclage concernent des matières très particulières et ont de ce fait peu d'intrants, certaines matières premières secondaires ont peu de débouchées, il faut qu'elles puissent être acceptées par les industries en aval. Se pose également la question de l'acceptation pour les consommateur-rices d'acheter des produits fabriqués à partir de déchets. Les filières de réutilisation et de recyclage sont de ce fait aujourd'hui développées plus pour leur apport environnemental et sociétal que leur gain économique.

3) Des échanges forts au sein de la filière. Nous pouvons nous demander quels échanges internes sont observés dans une filière. Si une filière est seulement une suite de transformations techniques du déchet, on exclut les acteurs purement « organisationnels », de régulation ou de planification, qui n'échangent pas de flux physiques de déchets. Toutefois, ils sont généralement inclus dans les analyses de filières, bien que leurs actions, transversales, s'incluent difficilement dans un processus linéaire. On pourrait également considérer qu'ils font partie de l'environnement extérieur du « système filière ».

Si les échanges au sein d'une filière déchet sont forts comme pour une filière industrielle classique, l'accent est également porté sur **les échanges avec l'extérieur de la filière**. Une filière, outre les échanges internes de flux physiques de déchets, réalise trois types d'échanges de flux physiques vers son extérieur : 1) des flux de pollutions vers l'environnement extérieur ; 2) des transferts de déchets vers d'autres filières (par exemple, les restes de la filière recyclage sont incinérés, ou les différents composants issus du démantèlement des DEEE sont envoyés vers différentes filières ressources) ; 3) des fuites de déchets vers des filières « inappropriées » (Bahers, 2014, voir § 2.2.2). Les flux de pollutions et les fuites de déchets vers les filières inappropriées sont *a priori* non désirés.

4) Des filières linéaires. S'il est difficile aujourd'hui de parler de déchets sans parler d'économie circulaire, la (relative) linéarité des filières reste pertinente même pour les

filières de gestion des déchets. On peut éventuellement imaginer que les filières déchets sont les « pentes remontantes » des filières industrielles et agricoles dans lesquelles les flux de ressources en aval rebouclent avec l'amont de la filière. Cela n'empêche pas, tout comme les actions transversales évoquées au point précédent, de conserver une analyse verticale, linéaire, de la filière.

- 5) **Des délimitations subjectives et des filières qui se superposent.** Sur ce point, les filières déchets ne diffèrent pas des filières industrielles et agricoles. Un acteur peut appartenir à plusieurs filières. C'est par exemple le cas des collectivités responsables de la gestion des déchets ménagers, qui appartiennent à la fois à la filière ordures ménagères résiduelles mais aussi emballages cartons ou encore DEEE. On peut aussi citer les incinérateurs qui se trouvent en bout de chaîne de la plupart des filières par flux. Cela crée des interactions entre filières.
- 6) **Des filières encadrées par des règles.** Là aussi, les filières déchets sont encadrées par des normes. On notera tout de même une forte présence d'étapes dites informelles (généralement la collecte), qui peuvent se mélanger avec des étapes formelles, entraînant un mélange de règles officielles et officieuses.
- 7) **Une dimension spatiale.** De même que pour les filières industrielles et agricoles, les filières de gestion des déchets s'inscrivent dans une économie mondialisée, mais ont des implantations locales fortes.

Enfin, considérant les éléments apportés sur le développement récurrent de nouvelles filières, il nous semble également intéressant d'ajouter un autre critère :

- 8) **Permanence dans le temps d'une filière.** En fonction des périodes, des avancées technologiques ou des besoins économiques, de nouvelles filières se créent, d'autres se transforment ou disparaissent. Nous avons pu le voir avec l'exemple de la filière chiffon, ou avec le développement des filières REP et la mise en avant de la prévention des déchets. Toutefois, les filières ne sont *a priori* pas « éphémères » ou activées seulement à certains moments.

Ainsi, les éléments discutés ici permettent d'avoir une idée plus précise de ce qu'est une filière de gestion des déchets. Maintenant que nous avons vu les critères de caractérisation d'une filière de gestion des déchets, nous allons voir l'intérêt du concept pour étudier le service de gestion des déchets en génie urbain.

2.3. De l'intérêt d'étudier le système de gestion des déchets à travers la filière

2.3.1. Le service de gestion des déchets, un système sociotechnique urbain

Le service de gestion des déchets, du réseau technique urbain au système complexe

Les services urbains essentiels se sont développés en réseau, avec des utilisateur·rices reliés-es à un point central par des infrastructures linéaires (câbles électriques, tuyauteries, routes, etc.). Ces réseaux doivent permettre (dans l'idéal) de fournir un service homogène sur un territoire qu'ils contribuent à façonner et à solidariser (Coutard and Rutherford, 2009).

Les termes réseau et système sont souvent utilisés dans la littérature de manière interchangeable. Il semble important à ce stade de revenir rapidement sur les spécificités de chaque terme.

L'approche systémique permet d'étudier un objet « *dans sa complexité et sa globalité* » à travers « *son organisation et [les] interactions qui le structurent* » (Beraud, 2013, p. 75). Un système est un ensemble d'éléments en interaction. Didier Allaire (2013) identifie six concepts caractérisant un système :

- La globalité : un système ne peut être réduit à la somme de ses composants ;
- La finalité : un système possède un but qui motive son existence ;
- L'organisation : l'agencement des relations entre composants du système ;
- L'interaction ou l'interrelation : les composants sont liés par des interactions, qui sont plus fortes qu'une simple relation de cause à effet ;
- L'évolution : le système répond aux modifications du milieu extérieur pour s'adapter et conserver sa stabilité ;
- La complexité : elle s'exprime par au moins trois facteurs – « *le degré élevé de son organisation qui limite toute démarche interprétative, l'incertitude de son environnement et l'impossibilité d'identifier tous ses composants avec les interrelations associées* » (Allaire, 2013, p. 156).

Quand Gabriel Dupuy (1984) s'interroge sur la définition de réseau technique urbain, il commence justement par regarder « *la ville système* ». Un système est défini par *les réseaux d'interaction* entre ses sous-systèmes et avec l'environnement. Les réseaux « *quels qu'ils*

soient » se voient donc assigner théoriquement deux rôles dans le système urbain : *mise en relation et organisation*. Couplant cette analyse avec une étude historique du développement des réseaux dans la commune d'Andrésey (Yvelines), il esquisse une première définition des réseaux techniques urbains. « *Le réseau technique urbain apparaît finalement comme un équipement de mise en relation physique et de mise en rapport social d'éléments localisés du système urbain* », « *comme un équipement technique de solidarité urbaine* » (Dupuy, 1984, p. 239). Le réseau aujourd'hui est ainsi vu comme un « *ensemble d'équipements interconnectés, planifiés et gérés de manière centralisée à une échelle tantôt locale tantôt plus large et offrant un service plus ou moins homogène sur un territoire donné qu'il contribue ainsi à solidariser* » (Coutard and Rutherford, 2009, p. 6).

Si le service de gestion des déchets est généralement considéré comme un réseau, des débats existent. Thierry Prost et Pascal Le Gauffre estiment ainsi que le "réseau" de gestion des déchets n'est pas un réseau au sens propre du terme car il ne fabrique pas d'infrastructures physiques linéaires et s'appuie sur celles d'autres services (routes notamment). Il présente toutefois des caractéristiques communes aux réseaux : « *gestion d'un flux (de matière solide), ensemble hiérarchisé de dispositifs techniques (véhicules, centre de tri et de transferts, usines d'incinération, etc.), points d'entrée (la poubelle de l'utilisateur) et de sorties (sites d'enfouissement)* » (Prost et Le Gauffre, 1997, dans Beraud, 2013, p. 121). Partant des mêmes constats, Lise Debout (2012) qualifie le service de gestion des déchets de « réseaux mous » (par opposition aux « réseaux durs ») : un réseau, entre autres, centrifuge, décentralisé et local, avec des points nodaux et des flux mobiles.

Le réseau technique urbain est donc un ensemble d'équipements physiques, reliés par des flux quand le système est une modélisation d'un objet (ici le service de gestion des déchets) pour en appréhender sa complexité. Ainsi, le système sociotechnique urbain inclut le réseau physique, mais aussi un ensemble de services et d'activités, d'acteurs (usager·ères, acteurs de la gouvernance...), de modes de régulations, etc. Il s'inscrit dans un environnement extérieur, physique, social et économique.

Le service de gestion des déchets, supporté par un réseau technique « mou », peut être modélisé comme un système complexe.

Facteurs de complexité du système de gestion des déchets

La complexité du système de gestion des déchets est d'ailleurs particulièrement élevée. Cette complexité peut être imputée notamment à quatre facteurs :

- 1) **La multiplicité des flux de déchets.** En France, on compte par exemple 12 filières REP déjà instaurées, et 11 filières prévues par la loi AGECE (anti-gaspillage pour une économie circulaire, loi n° 2020-105). Le catalogue européen des déchets, listé dans l'annexe II de l'article R. 541-8 du code de l'environnement⁴⁴ (abrogée en 2016), comptait 953 types de déchets répartis en 20 grandes catégories. Même des flux qui semblent *a priori* bien identifiés peuvent être décomposés en plusieurs flux, qui emprunteront des chemins de collecte et de traitement différents. Les rapports d'activités des filières REP DEEE (Ecosystème et Ecologic) montrent par exemple la diversité des flux de DEEE produits par les ménages et assimilés et les multitudes des modes de collecte associés (Figure 12, § 2.2.2, p. 108).
- 2) **La multiplicité des acteurs.** Une des particularités du système de gestion des déchets est la multiplicité des acteurs : les acteurs nécessaires à chaque étape de la gestion des déchets (planification, prévention, collecte, stockage, transport, tri, traitement, incinération, enfouissement) sont multipliés par le nombre de type de déchets existants.

On peut rajouter à cela les nombreux acteurs qui interviennent post-catastrophe. Le recensement des acteurs mentionnés dans les divers guides nationaux permet d'en appréhender la diversité (cf. Tableau 12, § 1.2.2, p. 78).
- 3) **Les interdépendances du système de gestion des déchets avec les autres systèmes sociotechniques urbains.** De nombreuses études, notamment en génie urbain, montrent le lien entre la complexité d'un système urbain et ses interdépendances avec les autres systèmes urbains. En première approche, le système de gestion des déchets est fortement dépendant du système de transport (notamment des voiries) pour la collecte et le transport des déchets. Les installations de traitement et les véhicules de transport sont dépendants du réseau d'énergie. Les échanges d'information pour gérer le système dépendent du réseau de télécommunication. Le traitement des

⁴⁴ https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006839995/2007-10-16

lixiviats et autres eaux usées à diverses étapes du traitement dépend du réseau d'eau et d'assainissement.

- 4) **La territorialité des systèmes de gestion des déchets.** Contrairement aux grands réseaux centralisés (électricité, ferroviaire), la gestion des déchets est réalisée localement (principe de proximité) et son organisation dépend donc fortement du territoire concerné. Par exemple, au sein même de la ville de Paris, la gestion des déchets est traitée en régie par la mairie, quand elle est déléguée à des entreprises privées dans d'autres. De plus, la gestion dépend à Paris des mairies d'arrondissement, alors qu'ailleurs en France cette responsabilité revient généralement aux intercommunalités.

Le service de gestion des déchets est donc un système sociotechnique urbain complexe. Nous avons décidé de l'étudier avec les méthodes issues du génie urbain, domaine dans lequel s'inscrit cette thèse.

Le génie urbain pour étudier le système de gestion des déchets

Bien que ne bénéficiant pas encore d'une reconnaissance professionnelle ou institutionnelle significative, le génie urbain possède une définition relativement consensuelle inspirée de celle de Claude Martinand dans son rapport de 1986 (Barles, 2015). Le génie urbain est ainsi « *l'art de concevoir, réaliser et gérer les réseaux techniques urbains* » ((Claude Martinand, 1986) cité par Barles, 2015). Les réseaux techniques urbains sont les réseaux de transport, d'énergie, de communication, d'eau et d'assainissement et de gestion des déchets. Si le génie civil a permis le développement de réseaux d'infrastructures urbaines modernes, le génie urbain va quant à lui insister sur l'importance des services fournis par ces réseaux, se retrouvant ainsi à l'interface entre technique et société (Thibault, 2006).

Intrinsèquement pluridisciplinaire, le génie urbain mobilise de ce fait de nombreuses approches systémiques, avec un fort apport des méthodes de sûreté de fonctionnement (Allaire, 2013; Barroca et al., 2012; Beraud, 2013; Gonzva, 2017). On touche ici la dimension hybride du génie urbain dans ses méthodes de recherche puisque la collecte et l'analyse de données sont basées sur des méthodologies d'études de terrain qualitatives inspirées des sciences sociales (notamment de la socio-anthropologie), complétées éventuellement de quantification de flux ou d'analyses statistiques des risques et défaillances.

Le génie urbain semble donc tout indiqué pour s'intéresser au système de gestion des déchets, permettant à la fois d'étudier :

- Les interdépendances entre les réseaux techniques (ou les infrastructures critiques), qui sont souvent « *complexes et méconnues* » car elles nécessitent d'aller au-delà des limites d'un seul système sociotechnique pour étudier des *systèmes de systèmes* (Serre, 2015). C'est particulièrement le cas pour le système de gestion des déchets, qui est souvent peu considéré dans les infrastructures critiques (nous reviendrons sur ce point au chapitre 5).
- Des échanges de flux. Le renouvellement du génie urbain via l'étude non plus des seules *infrastructures réseaux* mais des *réseaux services* amènent à porter attention plus aux échanges de *flux* qu'aux réseaux physiques durs (Rocher, 2013). Le service de gestion des déchets, par ses caractéristiques de réseau mou, se prête particulièrement à une étude par les flux.
- Et, dans notre cas, des risques. Les retours d'expérience montrent que les réseaux techniques participent à la propagation des risques et des impacts des catastrophes en dehors de la zone sinistrée (Beraud et al., 2013; Serre, 2015). L'approche transversale et bivalente du génie urbain, « *qui consiste d'une part à caractériser les contraintes techniques qui amènent à la conception et à la gestion des réseaux, d'autre part à analyser l'inscription de ces réseaux dans les territoires, dans les usages et les appropriations* », permet de dépasser cette difficulté (Barroca et al., 2012, p. 2). Les études systémiques notamment permettent de faire abstraction des particularités de chaque aléa⁴⁵.

2.3.2. L'intérêt de la filière pour notre étude

Apport des filières pour étudier le système de gestion des déchets

Le service de gestion des déchets est donc aujourd'hui largement accepté comme un système sociotechnique urbain, et donc un système. Au vu des multiples développements de la systémique et de son appropriation en génie urbain, utiliser la filière comme outil d'analyse peut donc apparaître comme un « retour en arrière », notamment à cause de son aspect

⁴⁵ Cf par exemple (Barroca et al., 2012) : « *La construction du modèle conceptuel et l'analyse de la résilience des systèmes techniques réalisés dans cet article ne se fondent pas sur le mode de dégradation spécifique de l'inondation.* »

linéaire. Selon nous, mobiliser la filière pour étudier le système de gestion des déchets présente cependant plusieurs intérêts.

- La filière est d'abord un découpage du système qui correspond à une réalité opérationnelle. Comme nous l'avons vu, le service de gestion des déchets est structuré, organisé, en filières, généralement par type de déchet et de traitement. Les filières REP sont largement déployées. Les « acteurs des filières » se reconnaissent les uns les autres.
- Poser la question des filières oblige à se poser la question des typologies de déchets. Les classifications des déchets ne sont pas neutres. Elles impliquent des normes techniques et environnementales, des différences de mode de traitement, des modes de suivi et de contrôle particuliers.
- La filière permet un suivi des flux physiques des déchets et de leurs transformations. Or cette question du traçage des déchets et de leur devenir est aujourd'hui un vrai problème : outre les difficultés de classification, la multiplicité des circuits, les fuites de déchets et les filières illégales rendent délicate la connaissance des destinations précises des flux de matières.
- De plus, l'analyse filière permet d'identifier facilement les acteurs des filières : tout acteur participant à l'échange du flux X est un acteur de la filière dudit flux. La participation peut être directe, pour les acteurs en contact avec le déchet et/ou ses états transformés, ou indirecte, pour ceux participant au pilotage de la gestion, via un rôle organisationnel, de planification ou de contrôle.
- L'analyse via les filières permet de rendre compte du rôle de chaque acteur et de ses liens amont et aval avec les autres acteurs de la chaîne. Elle pourrait permettre de faire apparaître, plus clairement qu'avec les bouclages systémiques, les effets de rupture dans la chaîne (qui nous intéresseront pour étudier la gestion des déchets post-catastrophe).
- Enfin, la filière est l'élément qui réalise, abstraitement, la linéarité de la gestion des déchets. Si les politiques publiques et les analyses portent de plus en plus sur l'économie circulaire, et le recyclage du déchet comme matière première, cette circularité reste selon nous un idéal assez abstrait. D'une part, la part d'incinération et d'enfouissement reste élevée par rapport à la valorisation matière (53% des ordures

ménagères en France en 2019⁴⁶), d'autre part il n'existe pas de cycle infini de recyclage et la matière recyclée, souvent de moins bonne qualité, ne constitue qu'une partie des matières premières utilisées pour la conception de nouveaux objets. A titre d'exemple, le papier est dit « à base de fibres recyclées » lorsqu'il comporte au moins 50 % de fibres recyclées, ces fibres sont mélangées à des fibres vierges pour garantir une certaine qualité de papier. De plus, la matière recyclée sert généralement à réaliser des objets différents de ceux dont elle provient (par exemple recyclage des flacons et bouteilles plastiques pour faire des fibres textiles). Une représentation linéaire du parcours des déchets, allant de la production d'un objet à la gestion de la fin de vie, semble donc plus appropriée.

Les filières face à la catastrophe

Les filières sont également une approche pertinente pour la question de la post-catastrophe. Certains déchets échappent à toute filière. Ils peuvent être abandonnés dans la nature, regroupés dans des décharges sauvages ou éliminés par brûlage à l'air libre. Ce fut par exemple le cas à Saint-Martin après l'ouragan Irma (Robin des bois, 2018; Vinet et al., 2019).

Plus généralement, la réintroduction des déchets post-catastrophe dans les filières conventionnelles peut s'avérer difficile, et certaines filières peuvent se retrouver sur-mobilisées. Hélène Beraud (2013) étudie ainsi la possible mobilisation des filières locales à Ivry-sur-Seine en cas de crue de la Seine. Selon ses résultats, les filières de gestion des OMR, des encombrants, des DEEE et des déchets dangereux pourraient être sollicitées pour absorber la production des déchets post-inondation. A l'inverse, les filières de gestion du verre, des journaux/magasins/revues, des emballages hors verre et des déchets d'activités de soin ne seraient probablement pas sollicitées, soit parce que les déchets qu'elles gèrent ne correspondent pas à des déchets post-inondation (emballages, journaux/magasins/revue), soit parce que le tri s'avère compliqué (déchets des activités de soin). En revanche, l'ensemble des filières pourrait être perturbé au niveau de la collecte.

Cette question de la collecte est un vrai problème en post-catastrophe, que ce soit pour la collecte des déchets produits par la catastrophe, ou des déchets normaux qu'il faut continuer à gérer. En effet, les retours d'expérience montrent que les catastrophes créent une surcharge

⁴⁶ <https://www.vie-publique.fr/eclairage/286185-quelle-gestion-des-dechets-en-france>

et un mélange des déchets au niveau de la production, qui rend la collecte laborieuse (§ 1.2.2). L'impact sur les routes peut également gêner considérablement la collecte. Or la collecte permet en temps normal la séparation des flux, et de ce fait est à la base de la structuration et du bon fonctionnement d'une filière. Ainsi l'approche filière sera particulièrement pertinente pour étudier les interdépendances avec les autres systèmes urbains.

A l'autre bout de la chaîne, les installations de traitement peuvent être impactées directement par la catastrophe (ce fut le cas par exemple sur l'île de Saint-Martin après l'ouragan Irma, bien que l'impact sur les installations de traitement soit moins systématique que l'impact sur la collecte), ou indirectement par effet domino de surcharge ou de modification de la qualité des déchets. L'approche filière est également intéressante pour étudier ces effets dominos.

Il nous semble donc pertinent d'adapter l'approche filière à notre étude sur la réorganisation du système de gestion des déchets en post-catastrophe.

2.3.3. La filière dans le système : les filières comme sous-systèmes ?

Ainsi, si la filière est pertinente pour étudier le système de gestion des déchets, en particulier en post-catastrophe, il convient de se demander quel lien faire entre la filière et le système. Le plus évident semble de considérer la filière comme un sous-système du système de gestion des déchets. C'est ce qu'énonce clairement Hélène Beraud (2013) dans sa thèse. De manière général, s'il existe une filière « globale », et unique, de gestion des déchets, celle-ci peut être découpée en plusieurs sous-filières, selon des découpages verticaux, horizontaux ou spatiaux. Sans qu'ils ne soient délimités avec précision, ces « découpages » sont utilisés assez spontanément par les acteurs de la gestion des déchets.

Les découpages « usuels » de la filière de gestion des déchets

- **Découpage vertical 1 : les filières par mode de traitement.** Comme mentionné précédemment, les filières peuvent être délimitées par mode de traitement. On parlera alors de filières de recyclage, de réemploi, de réutilisation, d'incinération, d'élimination, de compostage, etc. Les modes de traitement peuvent être définis encore plus finement par les procédés (thermolyse...). Toutes ces filières ne sont pas indépendantes les unes des autres : l'incinération et l'élimination vont par exemple récupérer les refus de tri des filières de recyclage.

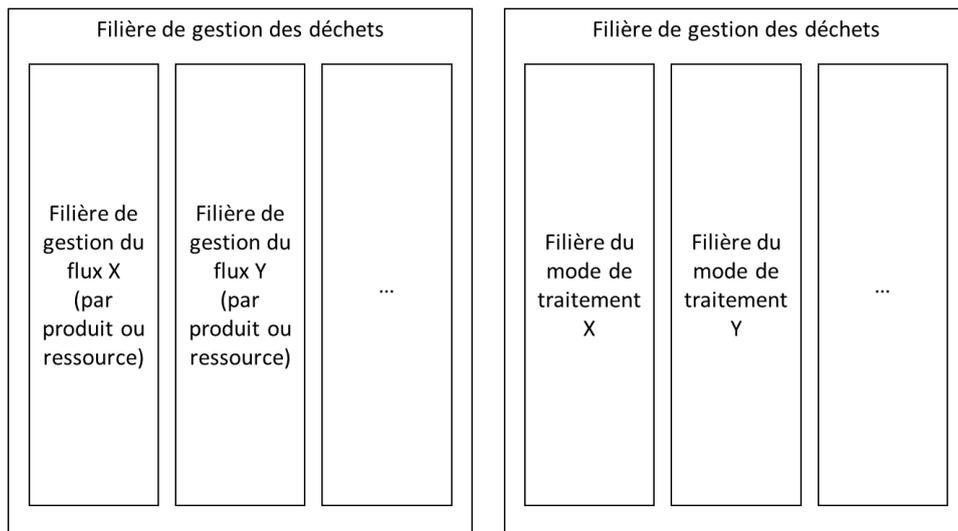
- **Découpage vertical 2 : les filières par flux de déchets.** Assez couramment, les filières sont délimitées par flux de déchets. Délimiter une filière revient alors à délimiter des typologies de déchets, ce qui n'est pas évident (§ 2.2.3), comme par exemple avec la filière DEEE et ses six sous-flux (gros électroménager hors froid, gros électroménager froid, petit électroménager, équipement informatique, ampoules, piles (cf. Figure 12, p. 108). Se pose alors la question de savoir s'il existe autant de filières que de flux de déchets ?

On peut ici considérer les filières par bien (filière DEEE), en se concentrant sur l'amont de la filière, ou par ressource (filière métal), en se concentrant sur l'aval.

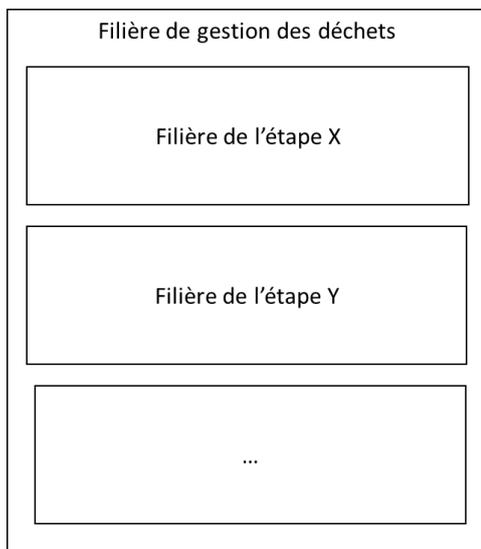
- **Découpage horizontal : les filières par étape de la gestion.** La filière de gestion des déchets peut aussi être découpée en segments par étape de la gestion : collecte, tri, démantèlement, traitement. Toutes ces étapes ne transforment pas forcément la matière, et il peut donc paraître inapproprié de parler de filières, notamment pour la collecte. De plus, l'utilisation de ces découpages pour l'analyse des filières est peu pertinente, on observera simplement un décalage du centre de la filière. Toutefois, l'usage est assez répandu, y compris pour des filières dites de collecte. Nous pouvons pour ces dernières continuer de parler de filières en considérant qu'un service est produit. En outre, vu les perturbations engendrées par les catastrophes sur cette étape, parler de filières de collecte dans cette thèse semble pertinent. Le découpage horizontal peut permettre de concentrer l'étude sur une étape, en détaillant moins les autres. Dans la même idée, on peut se demander si des filières d'éco-conception vont bientôt faire leur apparition dans les usages.
- **Découpage spatial : des filières par échelle géographique.** La gestion des déchets étant aujourd'hui mondialisée, les filières de gestion des déchets le sont aussi. Toutefois, avec l'importance du principe de proximité, les filières ont également des implantations locales fortes. Les filières REP sont déterminées à l'échelle nationale mais les éco-organismes œuvrent souvent à l'échelle inter-régionale ou régionale, voire plus localement.

Ces découpages (synthétisés en Figure 16, p. 127), peuvent bien sûr être combinés : on pourra parler simplement de filière des DEEE, mais aussi plus précisément de filière locale de collecte des ordures ménagères.

Découpage vertical



Découpage horizontal



Découpage spatial

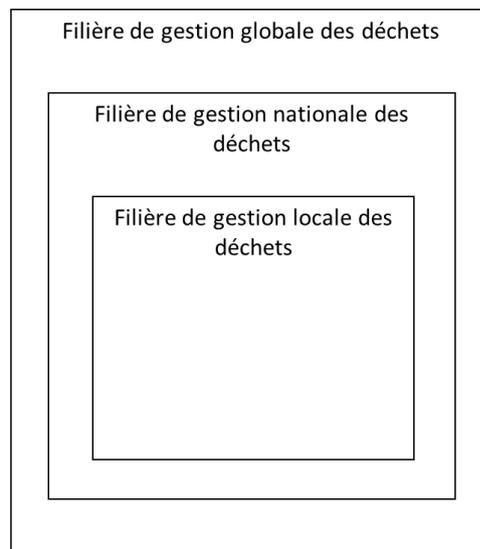


Figure 16 : Découpage du système de gestion des déchets en filières

Exemple de filières selon ces découpages

Afin de mieux comprendre les différences qu'impliquent ces découpages, regardons quelques exemples.

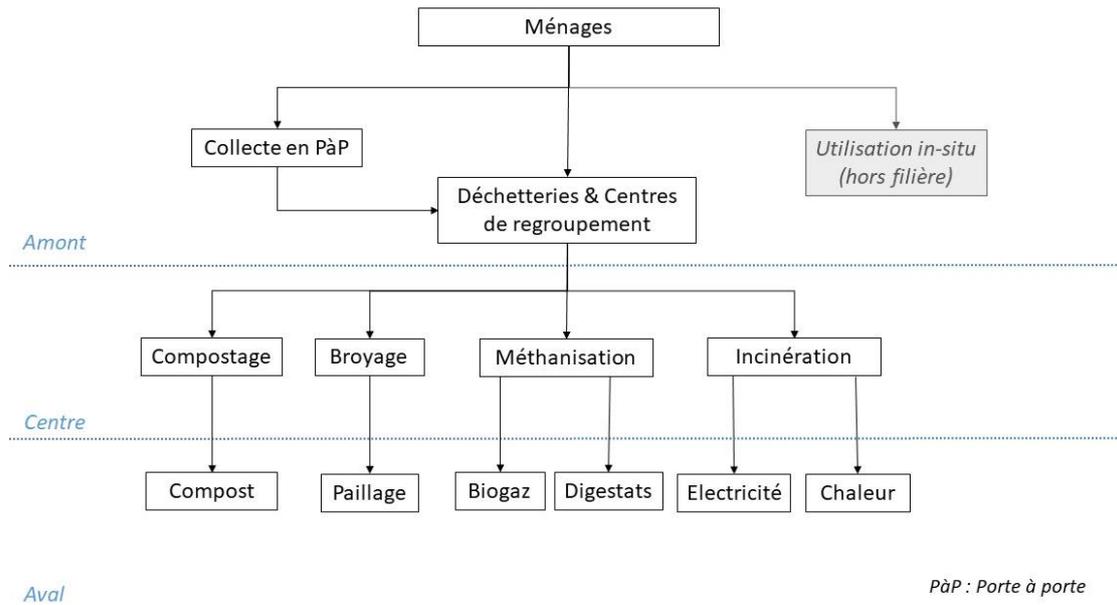


Figure 17 : Découpage vertical par flux de déchets : filière des déchets verts ménagers. Filière délimitée à partir des informations sur les sites de divers acteurs de la gestion des déchets verts.

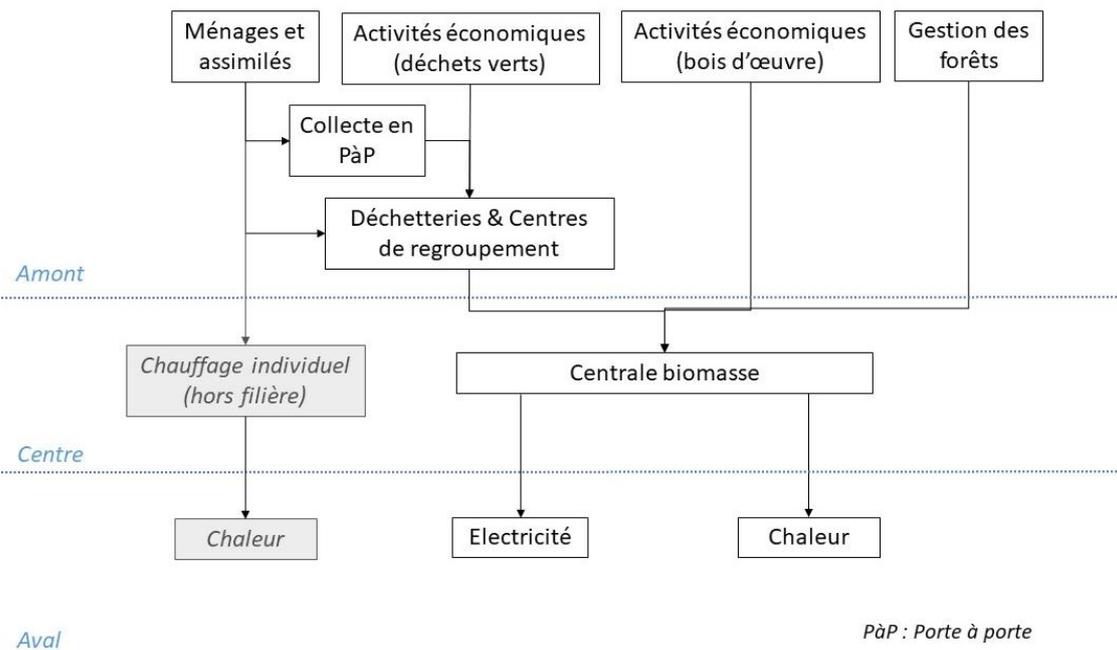


Figure 18 : Découpage vertical par mode de traitement : filière bois-énergie. Filière délimitée à partir de l'exemple de la centrale Sylviana.

La Figure 17 (p. 128) et la Figure 18 (p. 128) présentent deux visions de la gestion des déchets verts. La première présente une filière de gestion des déchets verts ménagers, les quatre principaux modes de traitement (compostage, broyage, méthanisation, incinération) et leurs produits sont introduits. La deuxième est centrée sur la valorisation énergétique par

incinération. La filière est couramment appelée « bois-énergie ». Outre le bois des déchets verts des ménages et assimilés, elle inclut trois autres sources de bois : les bois des déchets verts des activités économiques (horticulture, paysagiste), le reste des bois d'œuvre (bois utilisés dans la construction ou des métiers manuels et artisanaux), et les bois de coupe issus de la gestion des forêts. Les utilisations individuelles (compostage, broyage et chauffage individuels) sont dites « hors filières » car elles ne sont pas prises en charge par les acteurs de la filière.

Ces deux filières sont des filières *a priori* locales. La plupart des déchets verts sont traités sur le territoire sur lequel ils sont produits, au niveau départemental, éventuellement régional. Certaines filières en revanche réalisent des échanges de déchets avec l'étranger. C'est le cas de la filière plastique (Figure 19, p. 129). En 2016, la France a ainsi produit 3 400 kt de déchets plastiques, pour un excédent commercial⁴⁷ de 360 kt (Aujollet et al., 2020).

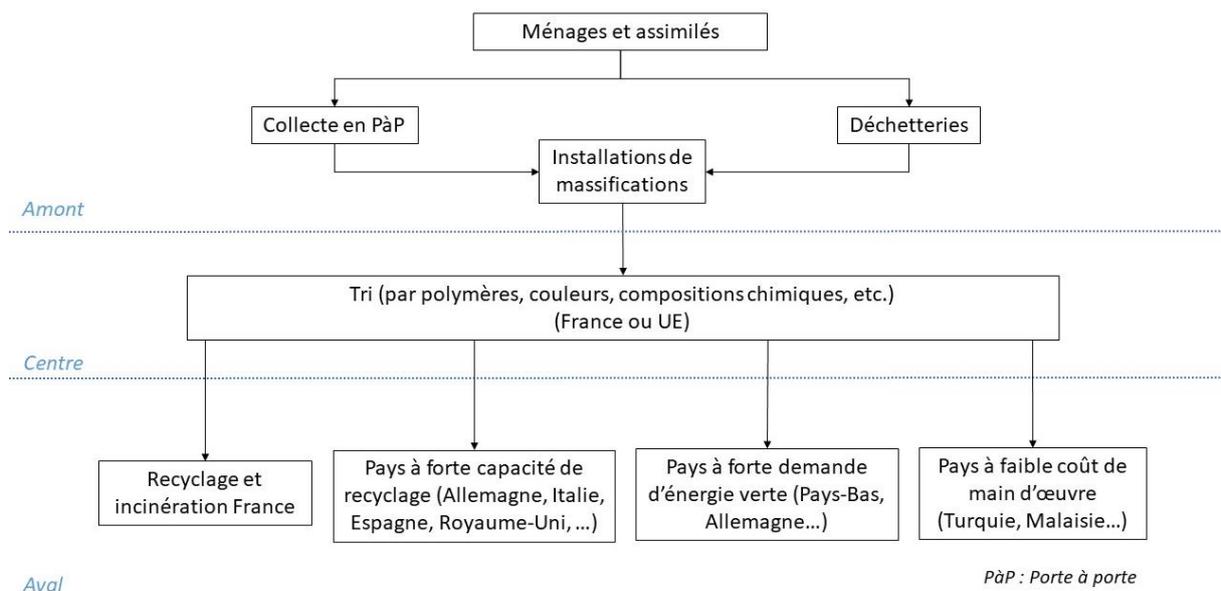


Figure 19 : Découpage spatial : filière mondiale de gestion des déchets plastiques ménagers. Filière délimitée d'après (Martin et al., 2021)

Les filières comme liens relationnels du système

Si cette vision de la filière comme sous-système du système gestion des déchets est pertinente et semble *a priori* « instinctive », elle rend difficile l'observation de la superposition des filières

⁴⁷ Balance commerciale dans laquelle les exportations dépassent les importations.

(critère 6). Or cette superposition, et éventuellement ce mélange des filières, nous intéresse particulièrement en situation de post-catastrophe.

Il nous semble alors intéressant de recentrer les filières sur les échanges de flux, et les relations qu'elles créent dans le cadre de ces échanges, au sein du système de gestion des déchets. Afin de préciser cette vision, il convient de savoir dans quel système elle s'intègre. Nous nous intéresserons à ces aspects dans le chapitre suivant.

Conclusion du chapitre 2

Ce chapitre a permis d'établir une définition générale et des critères de caractérisation d'une filière en gestion des déchets. Une filière de gestion des déchets est ainsi *une chaîne verticale d'activités liées entre elles par des échanges (circulation de déchets et matériaux, flux d'information, transactions marchandes, etc.), depuis l'élaboration d'un bien jusqu'à la gestion de sa fin de vie*. Nous appelons ici « fin de vie » à la fois l'élimination du déchet mais aussi sa sortie du statut de déchet (par recyclage, réutilisation ou valorisation énergétique).

Huit critères permettent de caractériser plus finement une filière de gestion des déchets : des flux entrants de produits en amont et sortant de ressources ou de service en aval ; une production de valeur (pas forcément économique) ; des échanges forts au sein de la filière mais aussi avec l'extérieur de la filière ; des filières linéaires ; des délimitations subjectives et des filières qui se superposent ; des filières encadrées par des règles ; une dimension spatiale ; une permanence dans le temps de la filière.

Nous avons également vu que le service de gestion des déchets pouvait être considéré comme un système organisé en filières. La filière est de ce fait un outil d'analyse intéressant pour étudier notre système, en particulier en post-catastrophe.

Il convient maintenant de s'intéresser à la manière de coupler analyse filière et analyse systémique.

Chapitre 3 : Elaboration d'une méthode d'analyse de l'évolution du système de gestion des déchets en situation de post-catastrophe

Sommaire

Chapitre 3 : Elaboration d'une méthode d'analyse de l'évolution du système de gestion des déchets en situation de post-catastrophe	132
Sommaire.....	132
Introduction du chapitre 3.....	134
3.1. Besoins scientifiques et opérationnels de la méthode	135
3.1.1. Une faible connaissance des interdépendances entre le système de gestion des déchets et les autres systèmes urbains	135
3.1.2. Faire le lien entre système de gestion des déchets et la gestion de la catastrophe	141
3.1.3. Principaux éléments à prendre en compte pour le développement de la méthode d'analyse.....	144
3.2. Méthodes existantes disponibles pour analyser le système de gestion des déchets en post-catastrophe	145
3.2.1. Etats des lieux des méthodes utilisées dans les travaux sur la gestion des déchets post-catastrophe	145
3.2.2. La Sûreté de fonctionnement : des méthodes éprouvées pour l'analyse des systèmes urbains.....	152
3.2.3. Proposition de méthode : « analyse des réorganisations et de leurs effets sur les filières » (AREF).....	159
3.3. Préfiguration de la démarche méthodologique	161
3.3.1. La filière dans le système	161
3.3.2. Définition du système et granulométrie	165
3.3.3. Adaptation du tableau d'analyse fonctionnelle et d'AMDE	169
Conclusion du chapitre 3	170

Introduction du chapitre 3

L'objectif de cette thèse est d'observer et d'analyser les réorganisations des filières de gestion des déchets en situation de post-catastrophe. Ce chapitre présente donc l'élaboration d'une méthode d'analyse de l'évolution du système de gestion des déchets en situation de post-catastrophe.

Ayant vu précédemment les grands enjeux autour de la gestion des déchets post-catastrophe et l'intérêt, à la fois opérationnel et théorique, de mobiliser le concept de filière, nous tacherons dans un premier temps de spécifier les besoins de la méthode. Après quoi, nous présenterons les méthodes existantes pour l'étude de la gestion des déchets post-catastrophe, et plus largement pour l'étude des systèmes sociotechniques urbains via la sûreté de fonctionnement. S'inspirant de ces démarches, nous proposerons une méthode qui couple analyse fonctionnelle et analyse filière.

3.1. Besoins scientifiques et opérationnels de la méthode

3.1.1. Une faible connaissance des interdépendances entre le système de gestion des déchets et les autres systèmes urbains

Nous avons vu que le système de gestion des déchets, désorganisé par la catastrophe, se réorganisait avec l'arrivée de nouveaux acteurs, notamment de la gestion de crise, mais aussi de l'environnement (cf. 1.2.2, p. 74). Nous souhaitons étudier la réorganisation des filières de gestion des déchets. A ce stade, nous pouvons prévoir trois types de réorganisation.

1. Une **réorganisation interne de chaque filière**, due à la modification du gisement (en particulier à l'augmentation des quantités) et aux défaillances de certains agents. Ces défaillances peuvent avoir pour origine, entre autres, des défaillances des moyens techniques et/ou organisationnels des agents.
2. Une deuxième **réorganisation interne**, due à l'arrivée de nouveaux acteurs dans la filière. Ces acteurs interviennent pour répondre aux nouveaux besoins créés par la catastrophe sur les systèmes urbains. Cette réorganisation interne est donc liée aux interdépendances avec les autres systèmes sociotechniques urbains.
3. Une **réorganisation externe** via des interactions entre filières due aux modifications des flux de déchets en qualité et au mélange des flux. Cette réorganisation, externe pour chaque filière, est due aux interdépendances au sein du système de gestion des déchets.

Ces interdépendances (entre systèmes urbains et au sein du système de gestion des déchets) sont mal connues. Cette sous-section détaille ces questions.

Quelles connaissances des interdépendances avec les autres systèmes sociotechniques urbains ?

Un système est « *constitué d'interactions, d'interrelations fortes entre ses différentes composantes et/ou avec l'extérieur* » (Beraud, 2013, p. 75). Bien qu'il puisse y avoir interaction sans dépendance, la notion d'interaction va souvent de pair avec celle d'interdépendance. La revue Flux n°128 s'intéresse au concept d'interdépendances pour étudier les services urbains en réseau. Les interdépendances sont définies « *globalement comme des relations mutuelles, produisant des effets de réciprocité* » (Caillaud et al., 2022, p. 1). Les travaux de génie urbain

sur la résilience étudient notamment les interdépendances entre les réseaux techniques (ou les infrastructures critiques) (cf. Figure 20, p.136). La mauvaise connaissance des interdépendances entre systèmes urbains empêche d’anticiper les défaillances en cascade, dites effets dominos, d’un système à l’autre.

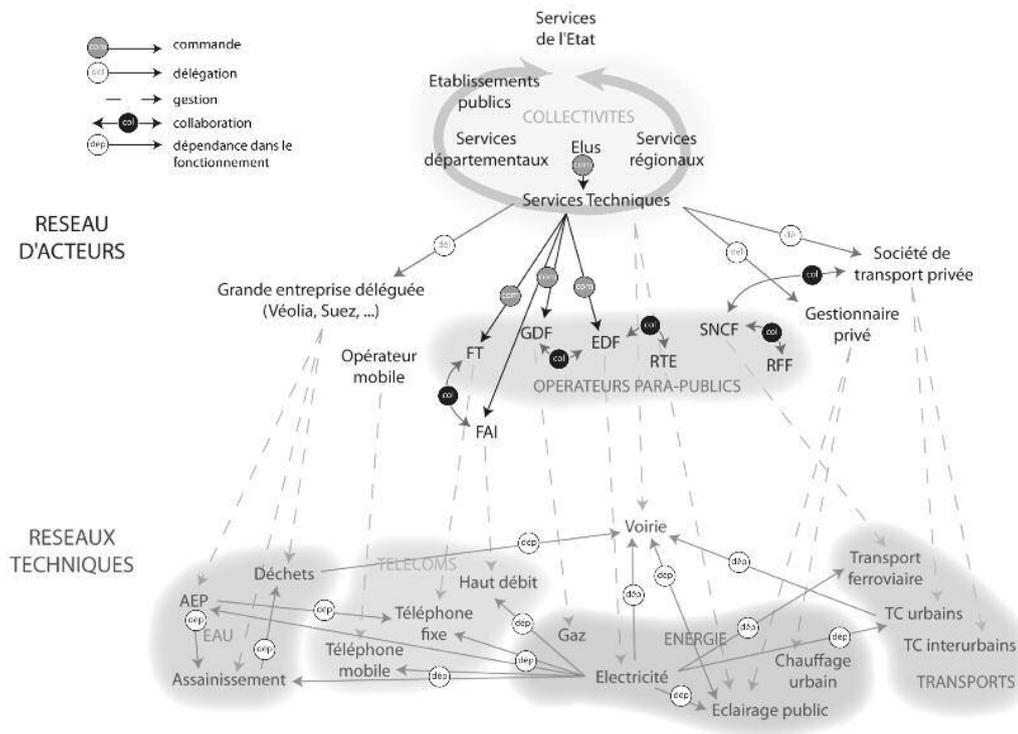


Figure 20 : Cartographie de l'interdépendance des acteurs et des réseaux techniques urbains (Toubin et al., 2015)

Si quelques travaux montrent les interdépendances du système de gestion des déchets avec d’autres systèmes urbains (Beraud, 2013; Bocquentin, 2020; Charlotte Brown et al., 2010), celui-ci reste encore peu étudié de ce point de vue. La notion d’interdépendance entre systèmes urbains peut, comme pour les interdépendances au sein des filières (§ 2.1.3), être questionnée. C’est d’autant plus vrai lorsqu’on s’intéresse au déchet car celui-ci, en tant que rebut dont l’on souhaite se débarrasser, crée une situation asymétrique (Cirelli et al., 2022). En effet, les interdépendances impliquent une réciprocity des relations. Or les déchets produisent de fortes externalités négatives en termes d’impacts sanitaires, environnementaux et sociaux. Ces externalités induisent un déséquilibre important des relations créées par les échanges de déchets, auquel les compensations financières ne suffisent pas toujours à remédier (Cirelli et al., 2022).

Ainsi, on conviendra sans peine que la gestion des déchets à besoin des routes pour le transport des déchets, d'énergie pour faire fonctionner les usines de traitement ou encore des réseaux de télécommunication pour échanger des informations. En revanche, au premier abord, à l'exception faite de la production d'énergie (et dont la part reste relativement faible⁴⁸), le système déchet ne semble pas nécessaire au fonctionnement des autres systèmes urbains. Toutefois, il serait précipité de conclure que ces systèmes urbains ne dépendent pas, eux aussi, du système de gestion des déchets. Outre la nécessité de traiter les déchets des activités économiques liées à ces systèmes, un dysfonctionnement du système de gestion des déchets aura des impacts importants sur les autres systèmes urbains.

Par systèmes urbains, nous entendons en premier lieu les autres systèmes sociotechniques : énergie, eau, transport, télécommunication, ainsi que le système de gestion de crise qui peut être vu comme une infrastructure sociotechnique (Gueben-Venière and November, 2020). Nous incluons également le système urbain dans son ensemble, en tant que système de systèmes qui assurent les grandes fonctions urbaines (logements, emplois, services, lien social, etc.). Enfin, bien que cela ne soit pas un système urbain, nous considérons aussi le milieu naturel, en tant qu'environnement physique dans lequel s'inscrivent tous ces systèmes urbains. Bien qu'aucun focus n'ait été fait sur la question, quelques travaux sur les déchets post-catastrophe mentionnent les effets d'un dysfonctionnement du système de gestion des déchets sur les autres systèmes urbains (Tableau 14, p. 137).

Tableau 14 : Interdépendances entre le système de gestion des déchets et les autres systèmes urbains

Systèmes urbains	Interdépendances avec le système de gestion des déchets	Référence
Transport	<ul style="list-style-type: none"> - Blocage des routes par les débris - Arrêt du transport des déchets - Ralentissement de la remise en état des réseaux de transport 	
Energie	<ul style="list-style-type: none"> - Ralentissement de la remise en état des réseaux électriques - La fermeture des stations-services après Irma a empêché la collecte 	<p>(Beraud et al., 2019b)</p> <p>(Kaiser, 2015)</p>

⁴⁸ Selon l'ADEME, la production d'énergie à partir de déchets en France atteint plus de 14 000 GWh par an, dont environ deux tiers sous forme de chaleur et un tiers sous forme d'électricité. Cette production équivaut à moins de 1% de la consommation française d'énergie finale.

	<ul style="list-style-type: none"> - Nettoyage et démantèlement des plateformes gazières et pétrolières après un ouragan - Traitement des déchets irradiés après Fukushima comme des déchets nucléaires 	(Sasao, 2016)
Eau et assainissement	<ul style="list-style-type: none"> - Ralentissement de la remise en état des réseaux d'eau et d'assainissement - Risque de pollution des eaux 	(Charlotte Brown et al., 2010)
Communication	<ul style="list-style-type: none"> - Ralentissement de la remise en état des réseaux de communication 	
Gestion de crise	<ul style="list-style-type: none"> - Ralentissement de la progression des secours - Ralentissement de la mise en place des abris de secours, de l'approvisionnement en nourriture, eau et soins des sinistrés - Plus de possibilité de tri (et donc de recyclage) si la gestion de crise est trop précipitée 	(Sahin et al., 2016)
Système urbain	<ul style="list-style-type: none"> - Ralentissement de la reprise du territoire - Risques sanitaires, environnementaux - Risque d'incendie (brûlage à l'air ou combustion spontanée) - Obstruction des voies d'eau qui crée un risque d'inondation 	(Beraud et al., 2019b)
Milieu naturel	<ul style="list-style-type: none"> - Obstruction des canaux, rivières, ravines, etc. qui crée un risque d'inondation - Abandon de déchets dans les milieux naturels - Fissuration des sites d'enfouissement et déversement des déchets dans les milieux naturels 	<p>(Durand et al., 2015; Popescu et al., 2014)</p> <p>(Beraud et al., 2019b)</p> <p>(Robin des Bois, 2010)</p>

Quelles connaissances sur les interdépendances au sein du système de gestion des déchets ?

Même les interdépendances entre les éléments du système de gestion des déchets, et notamment celles qui émergent en cas de catastrophes naturelles, sont peu connues.

Les travaux sur les déchets post-catastrophe mettent tous en avant la désorganisation puis la réorganisation du système de gestion des déchets après une catastrophe, en restant toutefois assez peu précis sur l'observation des composants du système. Ainsi, la plupart des travaux

mentionnent trois éléments : 1) l'intervention des forces de la gestion de crise dans le nettoyage ; 2) la mise en place de zones de stockage temporaire primaires ou secondaires ; 3) la réorganisation du tri et l'envoi d'un certain nombre de déchets non triés directement en incinération ou en enfouissement. Des travaux reviennent également sur les déchets qui sortent des circuits « normaux », par l'abandon « sauvage » ou le brûlage à l'air libre par exemple (Beraud et al., 2019b).

Les travaux de Mathieu Durand et Roxana Popescu (Durand et al., 2015; Popescu et al., 2014) rentrent plus finement dans l'identification et l'analyse des acteurs impliqués pré et post-catastrophe. Ils présentent la réorganisation des échanges de flux de déchets ménagers et assimilés à Port-au-Prince (Haïti) avant et après le séisme de 2010 (Figure 21, p. 139, et Figure 22, p. 140). Néanmoins, l'analyse des acteurs et de leurs relations est locale, et présente des conclusions spécifiques au territoire haïtien, notamment sur la part des acteurs informels et internationaux. Ces résultats peuvent s'appliquer à d'autres territoires du Sud mais difficilement à des pays industrialisés avec des systèmes de gestion des déchets beaucoup plus institutionnalisés comme la France.

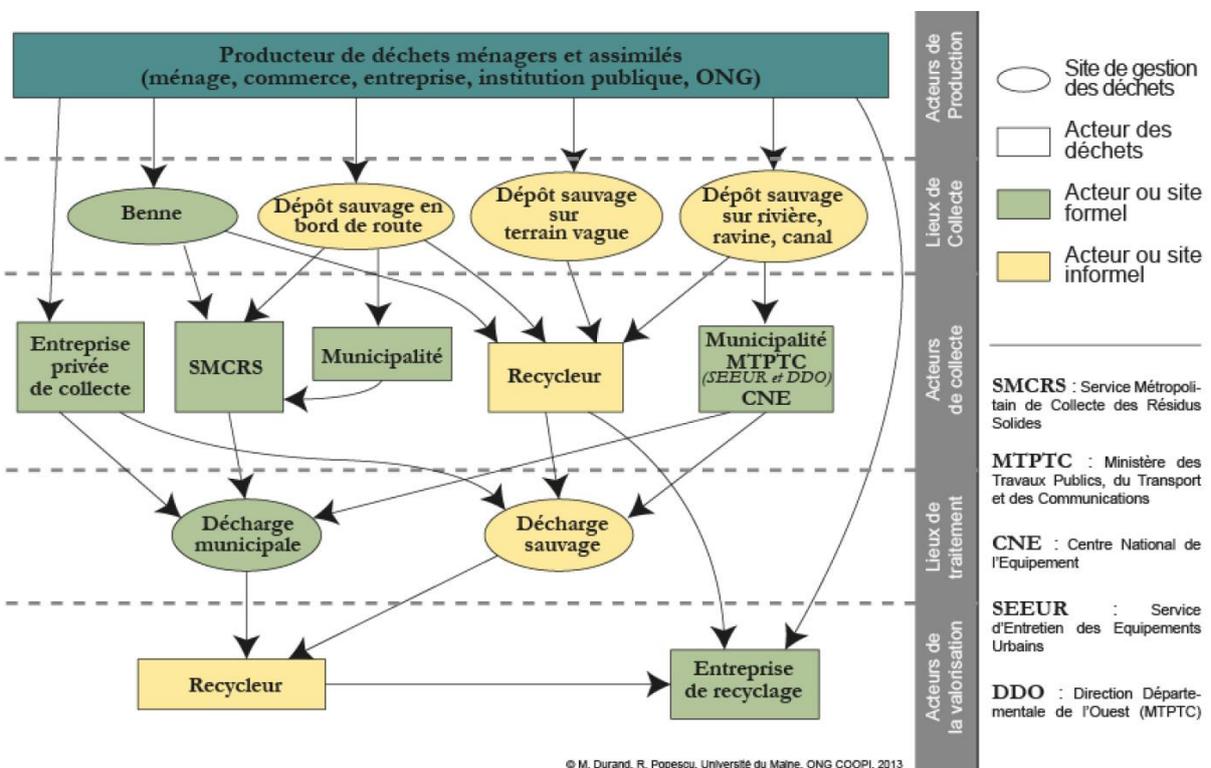


Figure 21 : Les acteurs de la gestion des déchets ménagers et assimilés à Port-au-Prince (Durand et al., 2015)

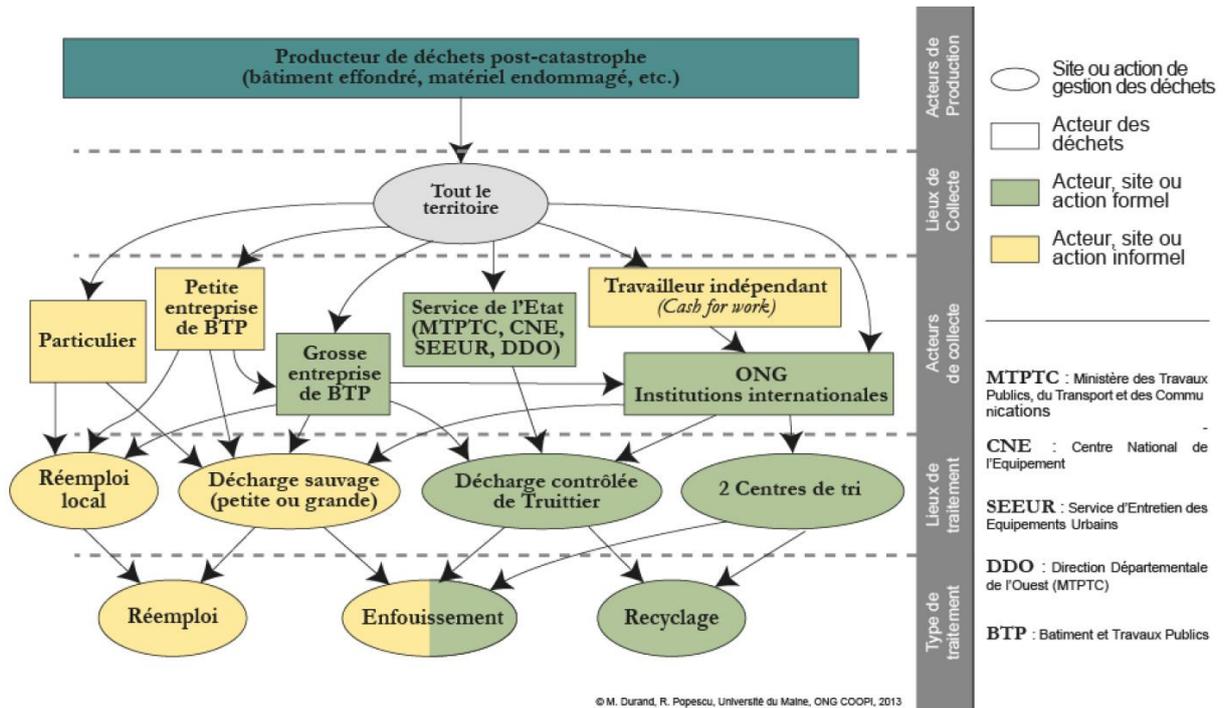


Figure 22 : Acteurs de gestion et flux de déchets post-séisme 2010 à Port-au-Prince (Durand et al., 2015)

Quelques travaux examinent des aspects un peu plus précis sur la gouvernance. Laura Hatcher étudie par exemple les conflits entre l'USACE et des résident·es de la Nouvelle-Orléans lors de la gestion des déchets post-Katrina. Elle pose deux questions à ce sujet : 1) quand et sous quelles conditions l'obligation de démolition des propriétés privées est-elle acceptable lors de la réponse à une catastrophe ? ; 2) En cas de catastrophe, comment communiquer efficacement avec des citoyens ayant un historique de méfiance importante vis-à-vis des gouvernements officiels ? (Hatcher et al., 2012). Naomi Aoki étudie quant à elle les raisons qui peuvent pousser les municipalités japonaises non impactées par une catastrophe à accepter ou non de recevoir des déchets post-catastrophe (Aoki, 2018). Ces travaux, quoi qu'ayant l'intérêt de mettre en lumière des acteurs peu étudiés, restent toutefois très circonscrits vis-à-vis de l'organisation générale de la gestion des déchets post-catastrophe.

Hélène Beraud (2013) réalise une analyse systémique du service de gestion des déchets ménagers à Ivry-sur-Seine afin d'en diagnostiquer sa résilience aux inondations. Cette analyse permet de recenser précisément les sources de dysfonctionnements possibles et les effets dominos entraînés. Ces travaux sont, à notre connaissance, les plus détaillés sur les interdépendances au sein d'un système de gestion des déchets. Toutefois, ils n'incluent pas l'identification des nouveaux acteurs (ou plus largement des nouveaux composants du

système) en situation de post-catastrophe. De plus, le découpage du système en sous-systèmes « filières » ne permet pas d'observer les interactions entre les filières.

3.1.2. Faire le lien entre système de gestion des déchets et la gestion de la catastrophe

Voir la crise comme moment du système et non comme une perturbation extérieure

Outre ces questions d'interdépendances, il manque, selon nous, un lien entre système de gestion des déchets et post-catastrophe. En effet, dans les études sur les systèmes sociotechniques urbains, la crise est généralement considérée comme un événement perturbateur, extérieur au système. Or, avec l'augmentation de la fréquence des catastrophes et de leurs impacts, la persistance temporelle des conséquences, l'éventuelle addition de crises⁴⁹, les crises ne sont plus des événements ponctuels et le retour au système initial n'est ni réellement possible ni particulièrement souhaitable.

La gestion des déchets post-catastrophe prend ainsi plusieurs années. Après le tremblement de terre de l'Aquila, les gestionnaires des déchets estimaient à au moins trois ans le temps de traitement (C Brown et al., 2010). Le nettoyage après l'ouragan Andrew (1992) dans le comté de Miami a duré quatre ans (Reinhart, 2016). Même bien préparées, les préfectures d'Iwate et Miyagi (Japon), très fortement impactées par le séisme et le tsunami de 2011, ont traité l'intégralité des 24,53 millions de tonnes de déchets produits sur leur territoire lors de ces événements en trois ans⁵⁰ (Ide, 2015). De nombreux déchets sont également produits pendant la phase de reconstruction, qui peut parfois durer jusqu'à 10 ans. Cinq ans après l'ouragan Katrina, des maisons condamnées attendaient toujours d'être détruites (Brown, 2012a).

La crise, vue comme la désorganisation du système, doit donc être considérée comme un moment du système. Pour gérer le système, il faut connaître ses composants et leurs interdépendances, y compris en situation exceptionnelle. Cela passe par une connaissance des liens entre la temporalité de gestion de crise et la temporalité de la gestion du système.

Temporalité de la gestion de crise VS temporalité de la gestion des déchets

Cette question est particulièrement importante pour la gestion des déchets post-catastrophe. De nombreux·ses chercheur·euses mettent en avant la tension entre la temporalité de la

⁴⁹ Outre le très connu exemple de Fukushima, on pourra citer pour notre part la tempête Alex, qui a eu lieu en pleine crise du Covid, juste avant le deuxième confinement.

⁵⁰ Cette préparation leur a toutefois permis d'arriver à un taux de recyclage de 90% (Ide, 2015).

gestion de l'urgence, courte, et celle de la gestion des déchets, qui s'étend sur le long terme. Les implications d'une mauvaise gestion en début de crise peuvent avoir des conséquences négatives fortes sur le long terme, en particulier en matière d'impacts environnementaux. Le déblaiement des routes est crucial dans les premiers temps de l'urgence car les débris empêchent l'accès aux équipes d'aide d'urgence (Berктаş et al., 2016) et ralentissent les activités de reconstruction (Brown et al., 2011). Cependant, l'élimination rapide des débris empêche la réutilisation et le recyclage en augmentant le mélange des déchets (Brown and Milke, 2016). Les zones de stockage temporaire peuvent améliorer le tri et éviter les décharges illégales, mais l'emplacement n'est souvent pas décidé assez rapidement, ce qui augmente le temps de gestion (Tabata et al., 2017).

Ainsi, avec d'une part ces tensions entre le temps court de la gestion de l'urgence et le temps long de la gestion des déchets, et d'autre part un système de gestion des déchets dynamique qui évolue temporellement, il semble intéressant de modéliser plus finement les temporalités de la gestion des déchets post-catastrophe. Nous avons choisi pour cela d'utiliser les phases de la gestion de crise, car la gestion des déchets post-catastrophe s'intègre dans ces différentes étapes.

Même si certains travaux commencent à le critiquer (Bosher et al., 2021), les étapes de la gestion de crise sont généralement représentées en cycle. La division ou le vocabulaire utilisés pour les phases de gestion des catastrophes varient mais on trouve généralement : 1) prévention, 2) préparation, 3) urgence, 4) relèvement, 5) reconstruction (en anglais : 1) *mitigation*, 2) *preparedness*, 3) *response*, 4) *rehabilitation*, 5) *reconstruction* (Khan et al., 2008)).

La phase de gestion de l'urgence est anticipée dans des plans de gestion de crise (Plan ORSEC, PCS, PICS), ce qui n'est généralement pas le cas de la post-catastrophe. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'elle est perçue comme moins stratégique vis-à-vis de la sécurité des individus que la phase d'urgence. Elle est de plus compliquée à appréhender du fait de la multiplicité des acteurs impliqués, de son étalement temporelle et des difficultés posées (Beraud, 2013).

Malgré cela, la gestion de la post-catastrophe, et donc des déchets post-catastrophe, est une activité de la gestion de crise. La Figure 23 (p. 143) résume les liens entre la gestion des déchets post-catastrophe et le cycle de gestion de crise.

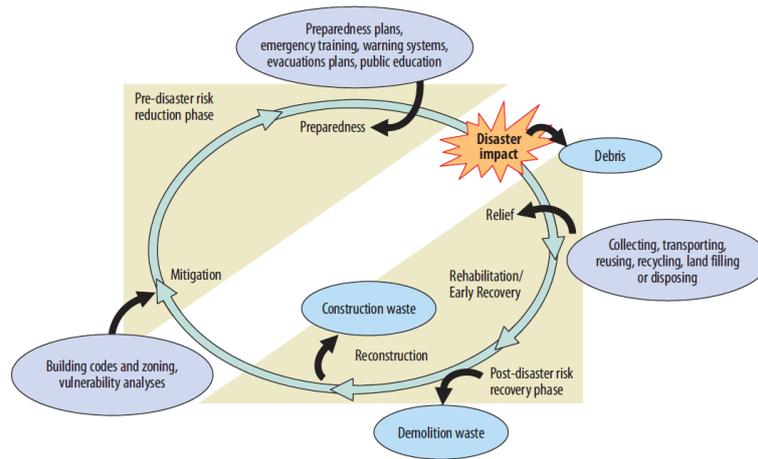


Figure 23: Relation entre le cycle de gestion de crise et la gestion des déchets post-catastrophe (DMC, 2005, dans (Karunasena et al., 2009)).

Il est important de noter que, si les bornes temporelles de ces phases varient bien évidemment en fonction des catastrophes, elles peuvent également varier au sein d'une même catastrophe en fonction des différents systèmes urbains. Ainsi par exemple dans la Roya, la reconstruction des réseaux d'eau et d'électricité est aujourd'hui terminée, mais pas celles des routes. De nombreuses habitations sont toujours en attente de démolition, et des nettoyages des déchets emportés dans la rivière ont encore lieu.

S'il n'existe pas de délimitation temporelle universelle des différentes phases de la gestion de crise, il est tout de même possible d'en préciser les grandes lignes. Pour notre propos, nous centrerons les explications sur le système de gestion des déchets. Pour rappel, nous nous intéressons à des crises produites par des catastrophes naturelles (§ 1.1.1).

1. **Le système fonctionnel** : système en fonctionnement « normal », hors catastrophe.
2. **La pré-catastrophe** : cette phase n'est pertinente que pour les catastrophes dites « prévisibles » comme les crues à cinétique lente, les ouragans, les tempêtes, etc. Elle correspond à la phase d'évolution du suivi de la catastrophe potentielle et s'accompagne de mise en place de mesures préventives sur le cours terme (par exemple : mise à l'abri des camions de collecte). C'est là que les moyens de gestion de crise commencent à être activés.
3. **La survenue de l'aléa** : on parle ici de la survenue physique de l'évènement exceptionnel et de ses impacts directs sur le système. Cette phase est généralement ponctuelle (séisme, ouragans, crue rapide) mais peut s'étendre dans le temps et se

confondre avec la phase suivante (cruie à cinétique lente, répliques de séisme). C'est là qu'il y a une surproduction de déchets, source majeure des impacts sur le système de gestion des déchets.

4. L'urgence : l'urgence est la phase de mise en place des mesures d'urgence de sauvetage et de sauvegarde des populations juste après la catastrophe (recherche des victimes, ouvertures des centres d'hébergement, etc.). En gestion des déchets, elle concerne principalement le déblayage des routes pour permettre le passage des secours.

5. Le relèvement : le relèvement est la phase de nettoyage du territoire, de remise en route des services urbains, de retour des populations dans leur habitation et des premières estimations des dommages (Beraud, 2013).

6. Le recouvrement : le recouvrement est la phase de reconstruction long terme du territoire, aussi bien physique que sociale et économique. Elle intègre les retours d'expérience et la modification éventuelle des systèmes et des modes d'organisation pour prévenir de prochaines catastrophes.

Nous intégrerons ses différentes temporalités à l'étude de notre système.

3.1.3. Principaux éléments à prendre en compte pour le développement de la méthode d'analyse

L'objectif principal de la recherche est donc d'étudier l'évolution et la réorganisation du système de gestion des déchets en situation de catastrophe, en particulier vis-à-vis de l'organisation de la gestion « en filière ». On cherche donc d'une part à observer cette réorganisation (nouveaux composants, changements de flux, etc.) et d'autre part à comprendre les raisons de ces évolutions, que l'on suppose liées aux impacts de la catastrophe sur les systèmes sociotechniques urbains, du fait de l'interdépendance du système de gestion des déchets avec ces systèmes.

Ainsi, la méthode doit répondre au cahier des charges suivant :

1. Permettre une analyse systémique du service de gestion des déchets sur un territoire donné impacté par une catastrophe. Elle doit donc s'appliquer à un système existant.
2. Permettre d'analyser l'organisation des filières de gestion des déchets. Pour analyser les interactions entre filières, la méthode devra permettre une analyse multi-filières.

3. Etre dynamique pour observer l'évolution du système en fonction des différentes phases de la catastrophe.
4. Avoir une échelle suffisamment fine pour étudier les interactions entre acteurs au sein des filières.
5. Enfin, la méthode doit s'appliquer indépendamment de l'aléa. Elle sera appliquée ici sur une crue torrentielle, mais elle doit pouvoir être utilisée sur tout type de catastrophe⁵¹.

3.2. Méthodes existantes disponibles pour analyser le système de gestion des déchets en post-catastrophe

Ayant déterminé ce à quoi doit répondre la méthode, nous allons maintenant présenter les différentes méthodes existantes pour étudier le système de gestion des déchets en situation exceptionnelle.

3.2.1. Etats des lieux des méthodes utilisées dans les travaux sur la gestion des déchets post-catastrophe

Les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe

Charlotte Brown a développé des indicateurs (Tableau 15, p. 146) pour permettre de comparer les études et retours d'expérience sur la gestion des déchets post-catastrophe après différents événements (Brown, 2012a). Ces indicateurs semi-quantitatifs présentent notamment l'avantage d'être multi-aléas et de permettre la comparaison entre des territoires et des catastrophes très différentes (respectivement en densité de population ou en étendue géographique de la catastrophe par exemple). Il paraît donc intéressant de s'y référer pour voir les effets de ces différents indicateurs sur l'évolution du système.

Ce cadre d'analyse est aujourd'hui le plus complet pour l'étude de la gestion des déchets post-catastrophe. Toutefois, il nous semble qu'il manque un indicateur sur l'état des installations de traitement : les personnes interrogées à l'UD 06 de la DREAL et à la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur craignaient un impact majeur sur l'incinérateur de Nice (en cas de séisme par exemple), où sont incinérés les déchets de tout le département des Alpes-Maritimes ; le retour

⁵¹ La méthode que nous proposons peut en théorie être utilisée pour construire des scénarios catastrophes pour soutenir la préparation et la planification de la gestion des déchets post-catastrophe, quel que soit l'aléa. Voir chapitre 6, § 6.2.3.

d'expérience de la gestion des déchets après le passage de l'ouragan Irma dans les Antilles montre que les dégâts sur l'éco-site Verde, seule installation de traitement des déchets de Saint-Martin, ont fortement ralenti les activités de traitement (Robin des bois, 2018). Nous proposons donc d'ajouter un indicateur « Dommages sur les installations de traitement ». Nous ajouterons également un indicateur « Dommages sur les installations de collecte et massification » (déchetteries, plateformes de massification). Ces deux indicateurs seront regroupés en tant qu'indicateurs des capacités de gestion des déchets (Tableau 16, p. 147).

Tableau 15 : Indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe (traduit depuis Brown, 2012)

Indicateur	Faible	Moyen	Elevé
Indicateurs de la catastrophe			
Echelle générale de la catastrophe	Dégâts et perturbations mineures. Ressources nécessaires à la gestion de l'évènement : locales seulement. Temps de recouvrement estimé : 1 à 2 ans.	Dégâts modérés, pertes de vies possibles. Ressources régionales requises. Temps de recouvrement estimé : 2 à 5 ans.	Importantes pertes en vies humaines et dommages aux bâtiments et aux infrastructures. Ressources nationales et/ou internationales nécessaires pour gérer la réponse. Temps de recouvrement estimé : plus de 5 ans.
Nombre de personnes déplacées	Moins de 1% de la population déplacée.	Déplacement de 1 à 20 % de la population dans la zone touchée, toute ou partie ayant l'intention de retourner dans la zone.	Plus de 20 % de la population de la zone touchée est déplacée, toute ou partie ayant l'intention de retourner dans la zone.
Entendue géographique	La zone d'impact est limitée à une ou deux localités, avec un accès facile aux zones non affectées.	Zone régionale de l'impact. Accès partiel ou limité vers et depuis les zones touchées.	Vaste zone d'impact, dans plusieurs régions. Accès difficile vers et depuis la zone touchée.
Durée de l'aléa	Évènements ponctuels avec des effets à court terme (par exemple, présence d'eaux de crue) : jusqu'à une semaine	Effets multiples et continus du danger (par exemple, graves répliques continues) : jusqu'à 1 mois.	Effets multiples et continus du danger (par exemple, répliques sismiques graves et continues, incident nucléaire) : plus d'un mois.
Perturbation du réseau routier	Dommages minimes au réseau routier.	Les réseaux routiers sont modérément à fortement perturbés pendant une durée pouvant aller jusqu'à un mois. Les autorités réduisent la circulation.	Les réseaux routiers sont perturbés plus d'un mois. Les autorités réduisent la circulation.
Indicateurs des déchets post-catastrophe			
Volume de déchets	Les déchets générés équivalent à 1 à 2 ans de production annuelle de déchets.	Les déchets générés équivalent à 2 à 5 ans de production annuelle de déchets.	Les déchets générés équivalent à plus de 5 ans de production annuelle de déchets.

Danger pour la santé humaine	Le danger représente une menace faible et chronique.	Le danger représente une menace chronique mineure aiguë ou grave.	Le danger constitue une menace grave, aiguë et/ou chronique.
Danger pour l'environnement	Le danger représente une menace faible et chronique.	Le danger représente une menace chronique mineure aiguë ou grave.	Le danger constitue une menace grave, aiguë et/ou chronique.
Déplacement de déchets	La majorité des déchets reste dans les limites de la propriété.	Certains déchets sont susceptibles de traverser les limites des propriétés.	Importants transports de déchets au-delà des limites des propriétés.
Difficultés de gestion des déchets	Des personnes peu ou pas compétentes peuvent gérer le flux de déchets. Seuls des outils de ménage et de jardinage standard sont nécessaires.	Certains équipements de base sont nécessaires pour gérer les déchets. Les travailleur·euses non qualifié·es peuvent être rapidement formé·es.	Les déchets sont difficiles et dangereux à gérer. Des compétences et du matériel spécialisés sont nécessaires.

Tableau 16 : Indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe : indicateurs des capacités de gestion des déchets

Indicateur	Faible	Moyen	Elevé
Indicateurs des capacités de gestion des déchets			
Dommages sur les installations de collecte et massification	Les installations de collecte et de massification de déchets du territoire ne sont pas ou peu impactées.	Un certain nombre d'installations de collecte et de massification de déchets du territoire sont impactées : une partie des capacités est indisponible.	Les installations de collecte et de massification de déchets du territoire sont très impactées : la majeure partie des capacités est indisponible.
Dommages sur les installations de traitement	Les installations de traitement de déchets du territoire ne sont pas ou peu impactées.	Un certain nombre d'installations de traitement de déchets du territoire sont impactées : une partie des capacités de traitement est indisponible.	Les installations de traitement de déchets du territoire sont très impactées : la majeure partie des capacités de traitement est indisponible.

Les outils d'aide à la décision pour la gestion des déchets post-catastrophe

Afin de soutenir la gestion des déchets post-catastrophe et sa planification, de nombreux outils d'aide à la décision ont été développés. Une première partie de ces outils concernent les méthodes de quantification des déchets post-catastrophe, l'estimation des quantités de déchets étant en général considérée comme la première étape pour mettre en place une planification ou la gestion effective des déchets post-catastrophe (Marchesini et al., 2020). Nous ne nous intéresserons pas ici à ces méthodes car elles se concentrent sur une seule étape du système de gestion des déchets post-catastrophe (la production de déchets). Elles servent en revanche de base à des méthodes plus complètes que nous présenterons.

Le Tableau 17 (p. 148) recense des méthodes d'analyse du système de gestion des déchets post-catastrophe. Ces méthodes, généralement quantitatives, sont développées principalement pour servir d'aide à la décision à différentes étapes de la gestion des déchets post-catastrophe : localisation des zones de stockage, optimisation des moyens de transports disponibles, analyses environnementales et économiques des stratégies de gestion, etc.

Tableau 17 : Méthodes d'analyse du système de gestion des déchets post-catastrophe

Ref	Objectifs de la méthode	Avantages	Limites
(Amato et al., 2020, 2019)	Comparer les impacts économiques et carbone de différentes stratégies de gestion des déchets post-catastrophe afin de définir les meilleurs choix.	Prise en compte des différentes options de gestion et traitement des gravats, in-situ ou ex-situ.	Chaîne de traitement linéaire, sans prise en compte des différents acteurs et des horizons temporels.
(Cheng et al., 2018a)	Etudier la fiabilité du système de gestion des déchets post-catastrophe, i.e. la possibilité que le nettoyage puisse être conduit en un temps voulu au regard des capacités en véhicules pour le transport des déchets et des réseaux routiers disponibles et des capacités de recyclage et d'élimination des déchets.	Prise en compte des différents moyens de transport disponibles.	Limite à la phase de collecte et de nettoyage.
(Cheng et al., 2018b)	Calcul de la capacité d'absorption du système de gestion des déchets pour une succession de catastrophes.	Prise en compte du temps long de la gestion des déchets post-catastrophe.	Centrée sur le calcul des quantités de déchets produites et des quantités traitées.
(Cheng et al., 2021)	Identifier les ZST et les chemins de collecte et de transport des déchets qui minimisent les coûts et le temps de nettoyage.	Prise en compte de la production de déchets en fonction des différentes phases de démolition du bâti endommagé.	Modèle avec une logistique linéaire, sans prise en compte des différents acteurs.
(Lorca et al., 2017)	Outil à destination des acteurs opérationnels pour optimiser les coûts financiers et environnementaux, la durée des opérations de nettoyage, l'utilisation	Prise en compte de toutes les étapes de la gestion des déchets post-catastrophe.	Outil qui ne permet pas d'identifier les difficultés organisationnelles.

	des centres d'enfouissement et la quantité de matériaux recyclés.		
(Onan et al., 2015)	Déterminer les zones de stockage temporaire pour aider à la planification de la collecte et du transport des déchets de catastrophe en minimisant l'impact environnemental de ces opérations.	Algorithme multi-objectifs qui minimise le temps de trajet en fonction du poids de déchets, et le nombre de personnes à proximité des ZST.	Centrée sur l'identification des ZST.
(Ruas et al., 2022)	Calculer le temps de collecte de déchets post-ouragan dans les Antilles en fonction de la force de l'aléa, des moyens de collecte, des zones de stockage temporaire et des exutoires disponibles.	Prise en compte des différents bassins de collecte.	Centrée sur le transport des déchets.
(Tabata et al., 2017; Wakabayashi et al., 2017)	Evaluer la faisabilité environnementale et économique de scénarios de gestion des déchets post-catastrophe pour soutenir les municipalités dans leur planification.	Prise en compte de toutes les étapes de gestion des déchets post-catastrophe.	Normalisation, et donc perte de la spécificité, des éléments modélisés

Délimitations du système « gestion des déchets post-catastrophe »

Un certain nombre de ces travaux commencent par définir le système étudié. C'est le cas par exemple des travaux de (Tabata et al., 2017; Wakabayashi et al., 2017) (Figure 24, p. 150, et Figure 25, p. 150) qui étudient les performances environnementales et économiques de scénarios, respectivement, de recyclage et d'incinération de déchets post-catastrophe. La première présentation est intéressante dans sa délimitation du système : les zones impactées, productrices de déchet, sont en dehors du système alors que les acheteur-euses de matières premières secondaires sont dans le système, en tant qu'exutoires au même niveau que les centres d'enfouissement. La deuxième représentation montre les fonctions associées à chaque élément physique. Dans les deux cas, on voit l'importance des différentes étapes de transport.

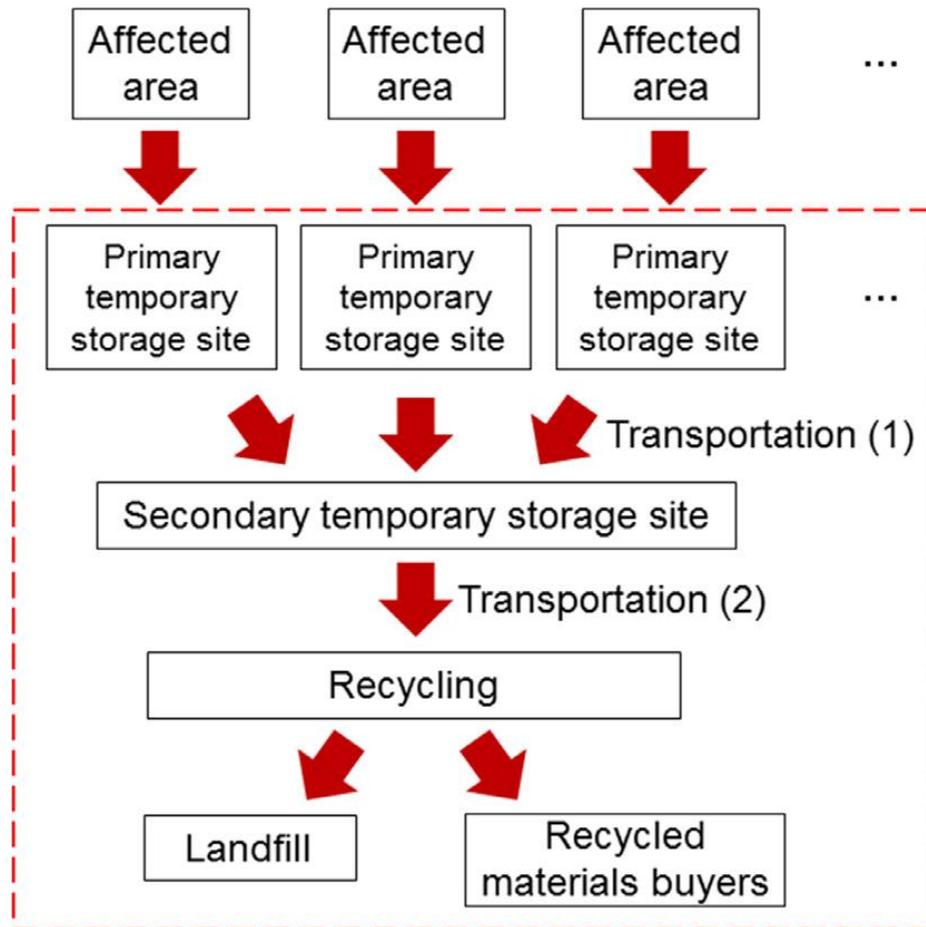


Figure 24 : System boundary of disaster waste treatment (Tabata et al., 2017)

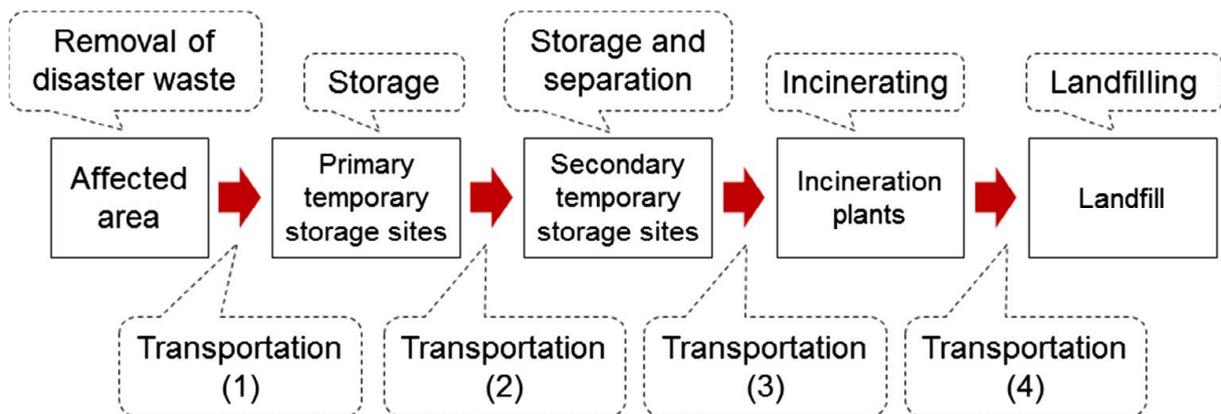


Figure 25 : Disaster waste management system (Wakabayashi et al., 2017)

Les systèmes sont généralement les mêmes que le système de gestion des déchets en temps normal, avec des ajouts liés aux spécificités de la gestion des déchets post-catastrophe : zone impactée (avec des éléments sur la qualité et la quantité des déchets), zones de stockage

temporaire (primaires et secondaires), tri à la source ou plus tard, etc. Un focus est souvent fait sur le transport, avec des calculs de nombre d'aller-retours nécessaires, des temps de trajet ou des quantités CO₂ émises.

Les systèmes se concentrent sur le traitement physique des déchets : à chaque activité un bloc. Au vu des difficultés de modélisation et de la volonté de produire des outils quantitatifs, ces systèmes restent très larges et sont peu précis sur l'identification des acteurs.

Limites des méthodes pour étudier les aspects organisationnels

Ainsi, si les systèmes présentés sont globalement complets pour ce qui est du « cœur » du système de gestion des déchets, on constate que les autres systèmes sociotechniques urbains (dont le système de gestion de crise), avec lesquels nous avons montré plus haut les interdépendances (§ 3.1.1), ne sont généralement pas pris en compte. Notons une exception : le système de transport routier qui est déterminant dans les calculs logistiques.

De plus, les aspects organisationnels ne rentrent pas souvent dans les variables d'ajustement – à quelques exceptions près mais qui restent peu détaillées (bassins de collecte (Ruas et al., 2022), démolition du bâti (Cheng et al., 2021)). Ces outils, bien que souvent destinés à des acteurs opérationnels, mettent difficilement en lumière la diversité des acteurs impliqués.

Ces manques proviennent en partie de la difficulté à systématiser les méthodes quantitatives développées. Selon nous, il convient donc dans un premier temps de développer une méthode qualitative permettant une étude complète du système de gestion des déchets. Bien que cela ne soit pas l'objet de cette thèse, la question de l'intégration d'éléments quantitatifs pourrait alors se poser, mais seulement à posteriori⁵².

C'est pourquoi nous nous tournerons vers les méthodes issues de la sureté de fonctionnement, qui permettent d'identifier précisément les composants d'un système complexe et leurs interdépendances.

⁵² C'est ce que fait par exemple Michaël Gonzva (2017) dans sa thèse sur les systèmes de transport guidé.

3.2.2. La Sureté de fonctionnement : des méthodes éprouvées pour l'analyse des systèmes urbains

Sureté de fonctionnement, analyse fonctionnelle et AMDE

La sureté de fonctionnement est souvent appelée la science des défaillances. Elle inclut leur connaissance, leur évaluation, leur prévision, leur mesure et leur maitrise. Il s'agit d'un domaine transverse qui nécessite une connaissance globale du système comme les conditions d'utilisation, les risques extérieurs, les architectures fonctionnelle et matérielle, la structure et la fatigue des matériaux. La sureté de fonctionnement s'est développée initialement dans le domaine de l'ingénierie mécanique (industrie ferroviaire et aéronautique, ingénierie militaire, etc.) avant de s'étendre à d'autres processus de conception industrielle et actuellement à d'autres types de systèmes complexes : systèmes programmés, systèmes en sciences humaines et sociales et systèmes urbains (Gonzva, 2017).

Un système complexe est un système composé d'un grand nombre d'élément en interaction de façon non linéaire et dans lequel « *les relations de cause à effet ne sont pas toujours établies scientifiquement et nécessitent une part d'intuitif* » (Simon, 1991 par (Vuillet, 2012)).

Il existe différentes méthodes d'analyse de sureté de fonctionnement, qui ont pour objectif de vérifier la capacité du système à assurer ses fonctions sous diverses conditions. Ces méthodes se décomposent en quatre étapes (Noyes and Pérès, 2007) (voir Figure 26, p. 153) :

1. Définir le système
2. Evaluer les risques potentiels
3. Prévoir l'occurrence des défaillances
4. Minimiser les conséquences des situations catastrophiques

Les études se basent sur des essais, des retours d'expérience et autres rapports d'analyse d'accidents ou encore des avis d'expert-es. Leur mise en place demande l'implication de nombreux acteurs.

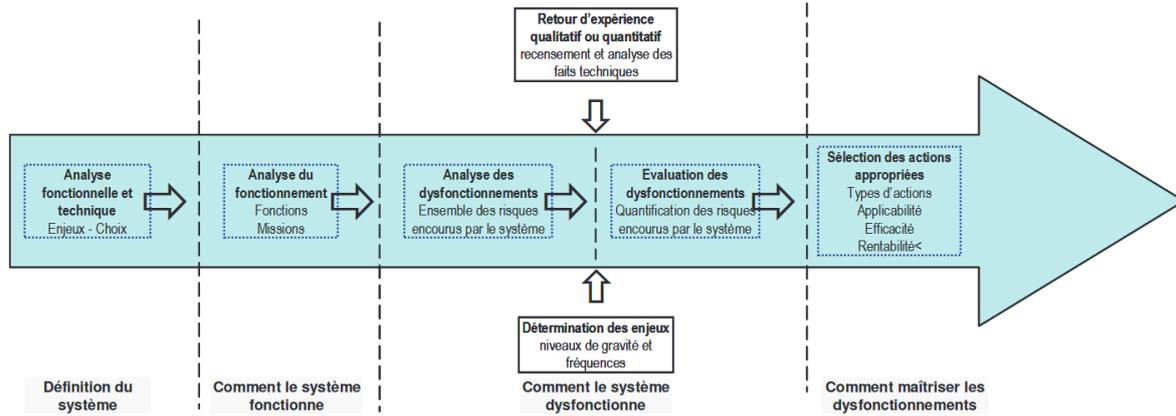


Figure 26 : Démarche d'analyse de la Sûreté de fonctionnement (Noyes and Pérès, 2007)

Les méthodes issues de la sûreté de fonctionnement, et notamment l'analyse fonctionnelle, sont très utilisées pour étudier les systèmes complexes. Comme montré par Michaël Gonzva (2017), leur efficacité a largement été éprouvée en génie urbain. La Figure 27 (p. 153) montre les principales utilisations de l'analyse fonctionnelle en génie urbain.

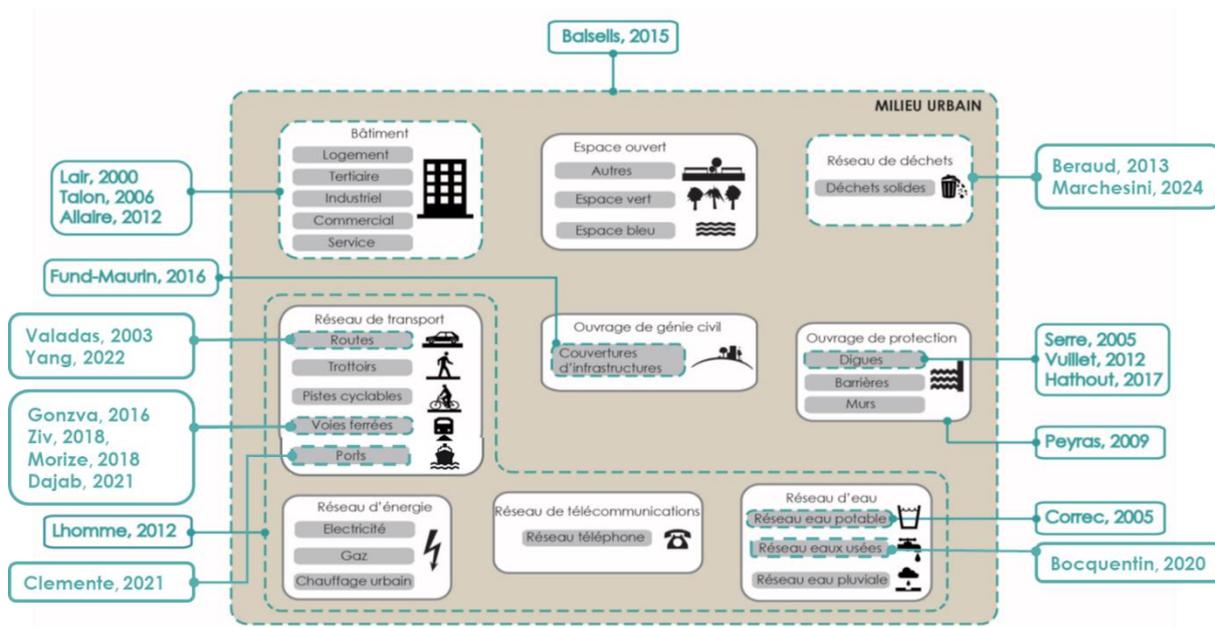


Figure 27 : Etat de l'art des applications majeures de l'analyse fonctionnelle en génie urbain (mis-à-jour à partir de Gonzva, 2017)

L'analyse fonctionnelle s'appuie sur les fonctions d'un système et de ses composants pour étudier son fonctionnement. Elle permet d'établir les relations fonctionnelles entre les composants pour identifier et analyser les fonctions du système (Villet, 2012).

L'analyse fonctionnelle se décompose en une analyse fonctionnelle externe, qui vise à identifier les éléments de l'environnement extérieur et les besoins satisfaits par le système, et une analyse fonctionnelle interne, composée d'une analyse structurale (identification des composants du système, de leur position et de leurs relations) et de l'identification des fonctions de chaque composant (voir Figure 28, p.154). Les résultats de l'analyse fonctionnelle sont présentés sous la forme d'un schéma du système, appelé « bloc diagramme fonctionnel », et d'un tableau d'analyse fonctionnel listant les fonctions (principales et secondaires) de chaque composant.

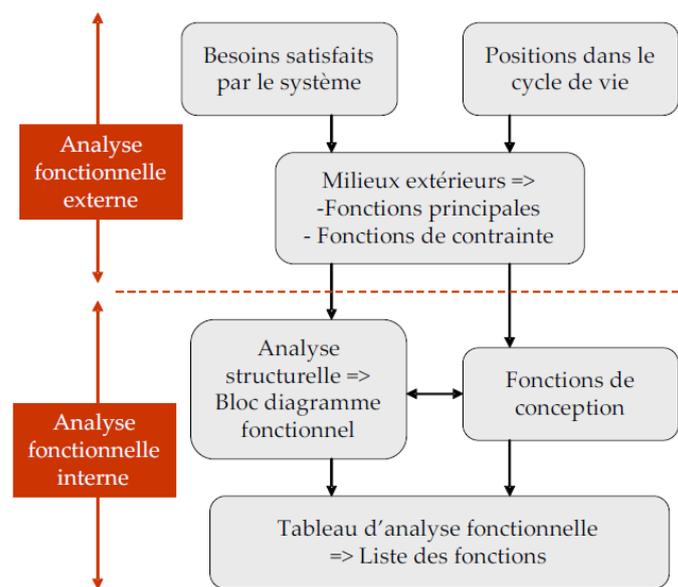


Figure 28 : Les étapes de l'analyse fonctionnelle (Beraud, 2012 d'après Peyras, 2003)

L'analyse fonctionnelle est régulièrement suivie d'une Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE). L'AMDE part de l'analyse fonctionnelle pour y ajouter l'analyse des modes de défaillances de chaque composant, des causes potentielles de ces défaillances et des effets de ces défaillances. L'AMDE est une méthode inductive : on part des causes des défaillances pour remonter jusqu'à leurs conséquences. Il existe deux grands types d'AMDE. Les AMDE prévisionnelles dites « AMDE produits » peuvent être utilisées lors de la conception d'un système, en partant du cahier des charges pour identifier les défaillances potentielles lors de l'utilisation du système. Les AMDE diagnostiques dites « AMDE procédés » permettent d'étudier les points de défaillances potentielles d'un système déjà en fonctionnement et mettre en place des mesures de compensation (Gonzva, 2017).

Des modèles fonctionnels / dysfonctionnels binaires qui ne permettent pas de prendre en compte le temps long de la post-catastrophe

Les méthodes décrites ci-dessus présentent l'avantage de permettre une description complète et organisée d'un système complexe, en listant précisément les composants, leurs fonctions et leurs relations. De plus, leur utilisation pour des systèmes urbains soumis à des obligations de continuité de service, et donc de leurs fonctions, est particulièrement pertinente. En effet, plus que de savoir si chaque composant fonctionne individuellement, on cherche à savoir comment maintenir le service du système global.

Malgré ça, quelques critiques ont pu être opposées à ces méthodes : elles sont perçues comme longues et fastidieuses car elles doivent réunir un panel d'acteurs, pluridisciplinaire, pour saisir tous les enjeux du système ; l'identification des défaillances en chaîne nécessite un aspect combinatoire qui n'est pas permis par le format de l'AMDE (Gonzva, 2017).

Cependant, pour notre part, ce ne sont pas ces limites qui nous posent problèmes, mais la binarité de l'opposition modèle fonctionnel / modèle dysfonctionnel. En effet, les analyses fonctionnelles sont généralement suivies d'une analyse dysfonctionnelle qui permet d'étudier les dysfonctionnements et les effets dominos au sein du système étudié (Figure 29, p. 156).

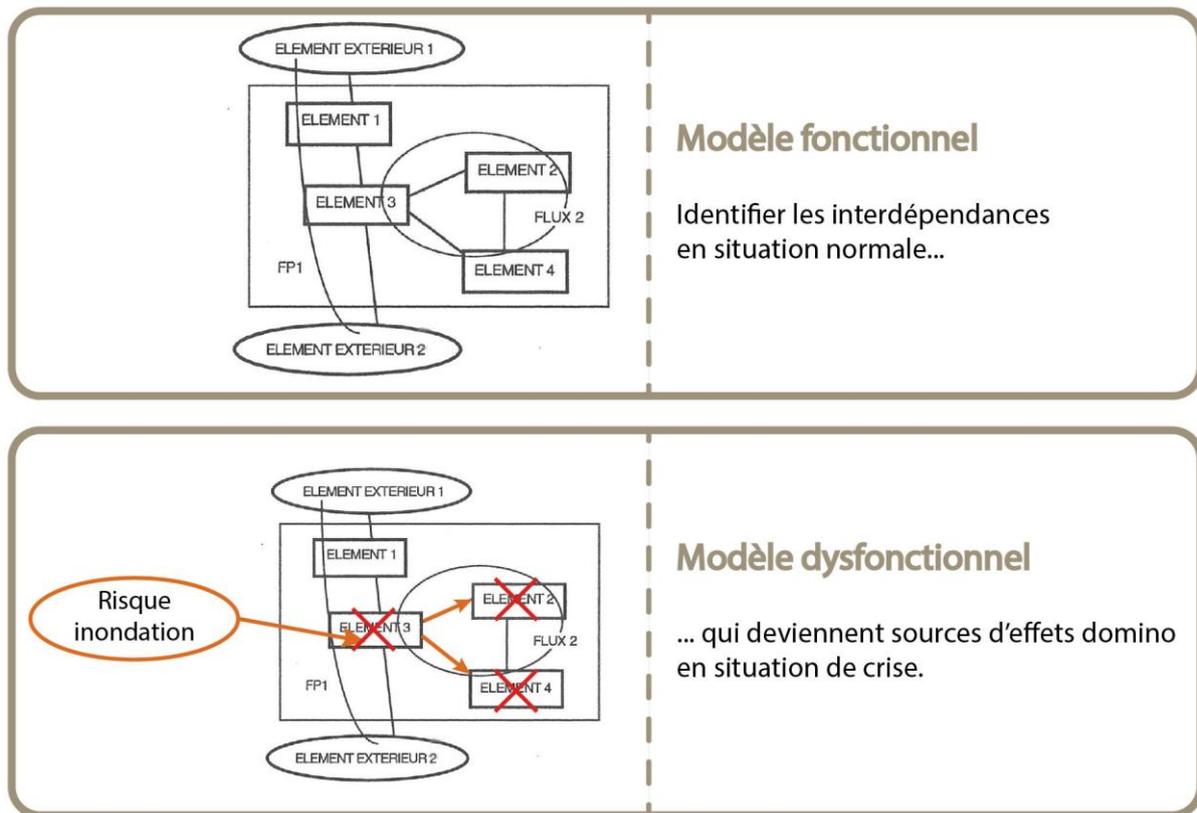


Figure 29 : Intérêts d'un modèle fonctionnel et d'un modèle dysfonctionnel de système.

« Pour résumer, le modèle fonctionnel représente l'identification des interdépendances qui existent entre les composants afin que le système assure globalement ses fonctions en situation normale, et le modèle dysfonctionnel représente la propagation du risque par effet domino en situation de crise via le réseau interne d'interdépendances. ». (Gonzva, 2017, p. 109)

Or comme nous avons pu le voir précédemment (§ 3.1.2, p. 141), les temps de la gestion de crise sont nombreux, et les acteurs impliqués changent en fonction des différentes phases. Cette binarité ne permet pas de prendre en compte le temps long de la gestion post-catastrophe, et d'inclure la crise comme un moment du système. Plus que les dysfonctionnements et les effets dominos, c'est la réorganisation des composants en fonction des différentes phases qui nous intéresse ici. Il conviendra donc d'opposer au modèle fonctionnel non pas un, mais plusieurs modèles dits « dysfonctionnels ».

Utilisation de l'analyse fonctionnelle pour étudier le système de gestion des déchets

Ayant déterminé que nous allons utiliser une méthode inspirée de la sûreté de fonctionnement, il nous semble important de nous pencher plus en détail sur l'analyse fonctionnelle déployée sur le système de gestion des déchets par Hélène Beraud (la seule à notre connaissance). Commençons par noter que cette analyse n'échappe pas à l'opposition

binaire système fonctionnel / système dysfonctionnel mise en avant ci-dessus, mais un travail de fond a été fait sur la définition du système fonctionnel, duquel il est intéressant de repartir.

Dans sa thèse *Initier la résilience du service de gestion des déchets aux catastrophes naturelles*, Hélène Beraud (2013) étudie le fonctionnement du service de gestion des déchets via une analyse fonctionnelle, pour permettre dans un deuxième temps l'analyse des dysfonctionnements.

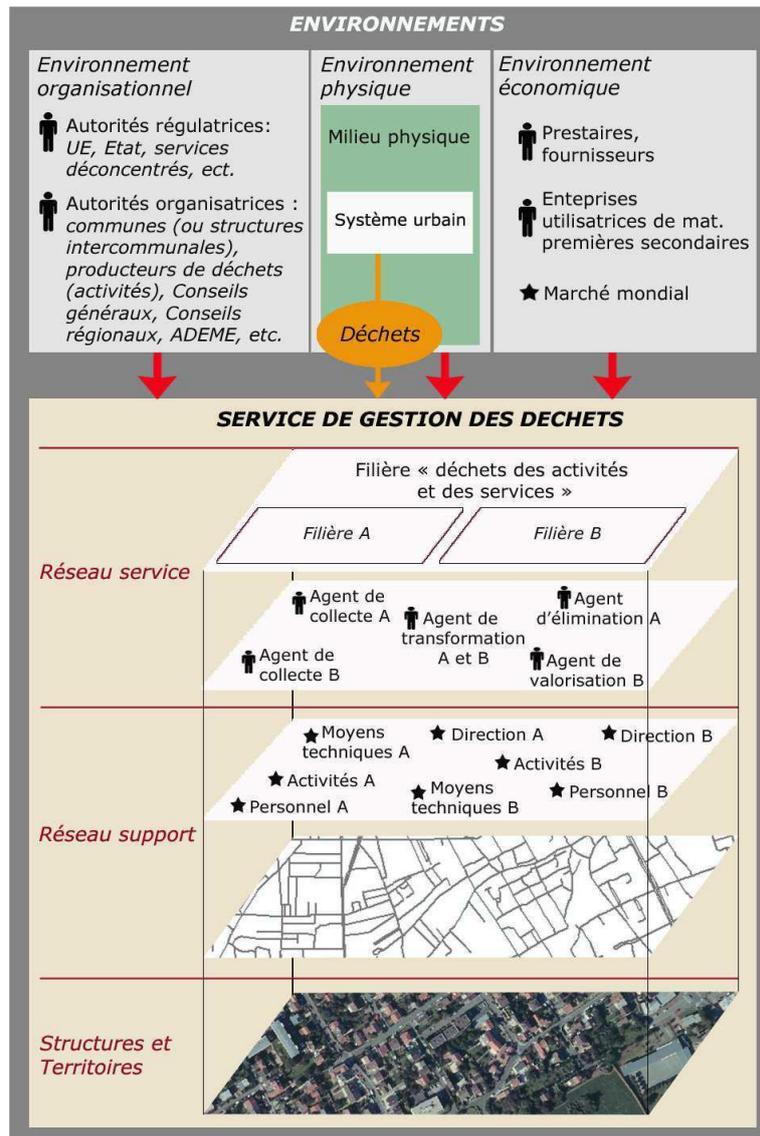


Figure 30 : Le service de gestion des déchets (Beraud, 2013, p. 128)

S'appuyant sur la décomposition réseau service / réseau support / structures et territoire (Figure 30, p. 157), le système est décomposé en sous-systèmes correspondant aux filières de gestion de déchets. Pour chaque filière, huit flux sont étudiés (flux de déchets, financiers,

d'information, de contrainte, contractuels, de contrôles, de matières et de nuisances) et on retrouve les composants suivants (Figure 31, p. 158) :

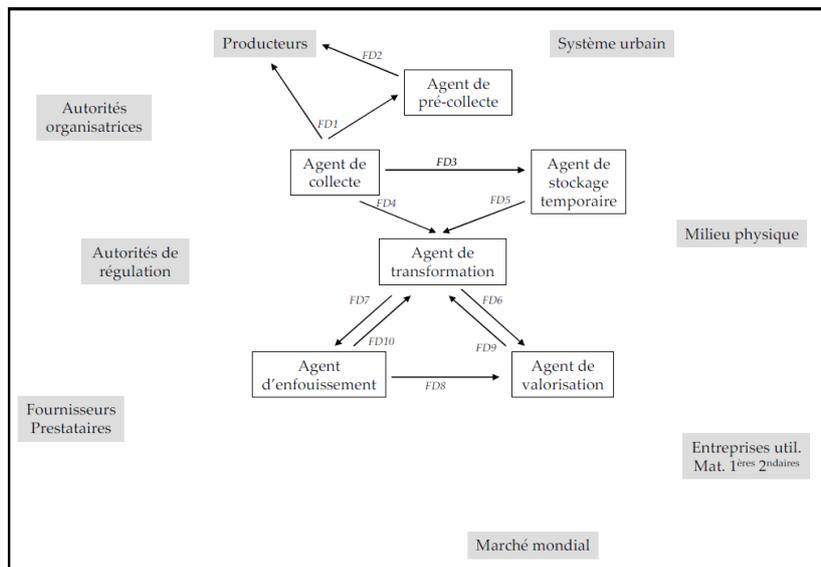


Figure 31 : Bloc digramme fonctionnel du sous-système "Filière de gestion des déchets x" des flux de déchets (Beraud, 2013, p. 378). Sur fond blanc les composants du système, sur fond gris les composants de l'environnement extérieur.

Chaque sous-système « agent » peut également être décomposé et analysé avec les composants suivants (Tableau 18, p. 158) :

Tableau 18 : Composant et flux des sous-systèmes "agent" dans l'analyse fonctionnelle développée par Hélène Beraud (2013)

Composant	Activités Direction Personnel Sites Moyens techniques Infrastructures linéaires
Flux	Information Financiers « Moyens » = relations qui décrivent une mise à disposition de moyens.

Hélène Beraud analyse ensuite les causes de dysfonctionnement des différentes filières en se concentrant sur l'endommagement des infrastructures linéaires et sur la résilience fonctionnelle du système. Partant de ces résultats, elle questionne la résilience territoriale du système, soit la capacité du service à mobiliser des territoires d'actions plus larges.

Cette méthode est à ce jour la méthode la plus détaillée pour étudier le système de gestion des déchets post-catastrophe. Toutefois, trois éléments principaux manquent pour répondre aux objectifs de la présente recherche :

- La partie dysfonctionnelle n'est pas détaillée en fonction des différentes phases de la catastrophe, ce qui empêche d'analyser finement la réorganisation des composants et la multiplicité des interactions créées par la catastrophe ;
- La séparation des filières ne permet pas d'observer la « déstructuration » et la recomposition des filières de gestion des déchets en post-catastrophe : déchets en mélange, filières inopérantes par renvoi des flux vers une autre filière, nouveaux acteurs multi-filières, etc. ;
- Les interactions avec les autres systèmes urbains (notamment les infrastructures de transport) n'apparaissent pas dans le système.

3.2.3. Proposition de méthode : « analyse des réorganisations et de leurs effets sur les filières » (AREF)

Ainsi, au vu des éléments présentés dans les sections 3.1 et 3.2, nous avons choisi une méthode basée sur la sûreté de fonctionnement pour analyser le système de gestion des déchets en situation de post-catastrophe.

La démarche proposée se rapproche de l'AMDE puisque nous cherchons, en quelque sorte, à synthétiser les éléments sur la dégradation des composants du système : défaillances, effets et causes de ces défaillances. Toutefois, l'objectif étant d'aller au-delà du modèle binaire système fonctionnel / système dysfonctionnel, nous observerons les réorganisations en réponse à ces défaillances, et ce, à toutes les phases de la gestion de crise : en situation fonctionnelle, pendant la pré-catastrophe (si pertinent), au moment de la survenue de l'aléa, pendant les phases d'urgence, de relèvement et de reconstruction. Ainsi, si le système aux différentes étapes de la post-catastrophe est dégradé par rapport au système initial, on ne peut pas considérer qu'il est dégradé par rapport à l'étape précédente. Le terme défaillance paraît donc inexact. Le terme « réorganisation » sera simplement utilisé à la place et nous indiquerons les causes et les effets de ces réorganisations.

Il conviendra également de coupler cette analyse avec une analyse filière, l'objectif étant d'étudier la réorganisation des filières de gestion des déchets. Outre son intérêt pour

répondre à la problématique de la thèse, ce croisement est pertinent car les filières permettent d'observer les interdépendances entre les différentes opérations et les différents acteurs de la chaîne d'activité (§ 2.1.2). Elles peuvent de ce fait être modélisées par des composants et des relations entre ces composants, s'intégrant ainsi aisément dans une analyse fonctionnelle. Le paragraphe 3.3.1 reviendra plus précisément sur la modélisation des filières.

Ainsi la méthode, que nous appellerons « analyse des réorganisations et de leurs effets sur les filières (AREF) », se déroule en cinq étapes⁵³ :

1. Synthèse de la catastrophe via les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe (voir § 3.2.1). Ces indicateurs pourront permettre d'une part de comparer le cas étudié à d'autres catastrophes (comme proposé par Charlotte Brown (2012)) et d'autre part d'expliquer certaines réorganisations.
2. Délimitation des filières grâce aux paramètres généraux et la sélection des flux de déchets (voir plus bas § 3.3.1).
3. Analyse fonctionnelle externe du système en situation fonctionnelle. Cette analyse peut être conduite pour un système général de gestion des déchets (§ 3.3.2)
4. Analyse fonctionnelle interne à chaque étape de la gestion de crise : situation fonctionnelle, pré-catastrophe (si pertinent), survenue de l'aléa, urgence, relèvement, reconstruction. Cette analyse peut être préfigurée sur un système général (§ 3.3.2) mais elle devra être adaptée à chaque cas d'étude (ici, la tempête Alex dans la Roya).
5. Remplissage du tableau d'AREF, adapté à partir des tableaux d'analyse fonctionnelle et d'AMDE (§ 3.3.3).

Maintenant que le principe général de la méthode a été présenté, la section suivante détaille les éléments de préfiguration de l'analyse.

⁵³ A noter que pour appliquer cette méthode, il faut en amont un retour d'expérience approfondi qui nécessite une enquête terrain. Les modalités de l'enquête terrain sont présentées au chapitre suivant.

3.3. Préfiguration de la démarche méthodologique

3.3.1. La filière dans le système

L'intérêt de combiner analyse filière et analyse fonctionnelle ayant été démontré (§ 3.2.3), il convient maintenant de se demander comment réaliser cette combinaison. Comme indiqué plus haut, nous ne souhaitons pas conserver le découpage du système par filières, afin de pouvoir observer leurs interactions. Nous allons donc paramétrer les filières puis adapter la granulométrie de l'analyse fonctionnelle afin de voir clairement apparaître les filières dans notre système.

Paramétrage des filières

Nous avons mis en avant en 2.2.3 des critères de caractérisation des filières déchets, c'est-à-dire des éléments permettant de définir une filière. Nous allons à partir de ces éléments établir des paramètres de délimitation des filières, au sens plus informatique du terme⁵⁴. Ces paramètres nous permettront d'étudier et de manipuler, via une délimitation plus concrète, les filières dans l'analyse fonctionnelle.

Rappelons les caractéristiques vues au paragraphe 2.2.3 (p. 115) :

- 1) Des flux entrants de produits en amont et sortant de ressources ou de service en aval ;
- 2) Une production de valeur ;
- 3) Des échanges forts au sein de la filière mais aussi avec l'extérieur ;
- 4) Des filières linéaires ;
- 5) Des délimitations subjectives et des filières qui se superposent ;
- 6) Des filières encadrées par des règles ;
- 7) Une dimension spatiale ;
- 8) Permanence dans le temps d'une filière.

Commençons par traiter le critère 6 (*délimitations subjectives et filières qui se superposent*). Ce critère ne servira pas à paramétrer nos filières mais est en fait celui qui sert de base à notre raisonnement. En effet, il existe des interactions entre filières que nous souhaitons observer,

⁵⁴ Paramètre informatique (CNRTL) : *Variable de type connu mais dont la valeur, l'adresse ou le nom ne sont précisés qu'au moment de l'exécution.* <https://www.cnrtl.fr/definition/param%C3%A8tre>

du fait de cette superposition des filières et de l'appartenance probable d'un même acteur à plusieurs filières.

Les critères 1 (*des flux entrants de produits en amont et sortant de ressources ou de service en aval*), 3 (*des échanges forts au sein de la filière*) et 4 (*des échanges avec l'extérieur de la filière*) peuvent s'observer à travers les flux échangés entre composants de la filière. **Les filières seront ainsi modélisées par des composants (qui correspondront aux composants du système) et des flux (qui correspondront aux interactions dans le système).** On observera d'ailleurs des filières par flux de déchets plutôt que par mode de traitement, car, comme nous l'avons vu dans la section 2.3, les catastrophes posent généralement en premier lieu des problèmes au niveau de la collecte, du fait de la grande quantité de déchets produits, du mélange et du changement de nature des déchets⁵⁵.

Toutefois, les flux d'échanges de déchets ne seront pas les seuls observés. Nous observerons :

- Les **flux physiques, principalement de déchets** mais aussi de **matières premières secondaires** et d'**énergie**. Les flux de déchets sont décomposés en fonction de leur nature afin d'avoir une vision complète des filières impactées. L'observation plutôt amont (par exemple DEEE) ou aval (métal, etc.) dépendra du cas d'étude. Les flux de matières premières secondaire et d'énergie correspondent aux déchets une fois transformés.
- Les **flux administratifs** essentiels pour l'organisation du système de gestion des déchets. Ces flux peuvent inclure des flux d'information, supports pour le pilotage, la planification et le contrôle du système, ainsi que des flux de moyens (financiers, techniques et humains, qui concourent au même objectif : assurer les moyens humains et techniques nécessaires à la gestion des déchets).
- Les **relations de dépendance avec les autres systèmes sociotechniques urbains**. Ces relations sont étudiées car elles jouent un rôle important dans l'organisation des filières. Ces flux incluent les flux de l'énergie des systèmes énergétiques vers le système de gestion des déchets, qui ne sont donc pas compris dans les flux physiques.

⁵⁵ Anticipons quelque peu en précisant que ce sera particulièrement vrai sur notre cas d'étude.

La linéarité de la filière (*critère 5*) sera ainsi observée le long du flux physique de déchets et de ses transformations (matières premières secondaires, énergie).

Le critère 2 (*production de valeur*) est difficile à quantifier dans l'analyse que nous proposons. Par conséquent, à défaut de pouvoir quantifier cette valeur, nous considérerons de manière détournée que la production de valeur (environnementale, sociale ou économique) provient de la fonction réalisée par la filière. Chaque filière de flux de déchet X doit réaliser la fonction suivante : « **traiter le flux de déchets X en respectant au mieux la hiérarchie des modes de traitement et la réglementation en vigueur** ». Nous nous intéresserons alors à la réalisation, partielle ou totale, ou à la non-réalisation de la fonction.

Les critères 8 (*dimension spatiale*) et 9 (*permanence dans le temps*) peuvent être traduits assez directement en paramètres. Le critère 7 (*encadrement par des règles*) ne sera pas utilisé comme paramètre de délimitation des filières mais pourra être utilisé comme variable explicative de certaines évolutions.

Le Tableau 19 (p. 163) résume les paramètres utilisés pour la délimitation de chaque filière étudiée.

Tableau 19 : Paramètres de délimitation des filières déchets

Id	Nom & type de variable	Définition	Type de variable	Valeur prise
FP	Flux physique	Flux d'échanges de déchets et de déchets transformés (entre deux composants)	Qualitative nominale	Type de déchets
FA	Flux administratifs	Flux d'information, de régulation, de planification, de moyens (entre deux composants)	Qualitative binaire	Existants ou non
RD	Relation de dépendance	Relation de dépendance du système de gestion des déchets vis à vis des autres systèmes urbains et <i>vice versa</i> (entre deux composants)	Qualitative binaire	Existante ou non
Fc	Fonction	Réalisation partielle ou totale ou non réalisation de la fonction « <i>traiter le flux de déchets X en respectant au mieux la hiérarchie des modes de traitement la réglementation en vigueur</i> »	Semi-quantitative	Oui / partielle / non

S	Echelle spatiale	Echelle spatiale de la gestion des déchets de la filière	<i>Qualitative ordinale</i>	Locale / Nationale / Internationale, etc.
T	Echelle temporelle	Permanence dans le temps de la filière	<i>Qualitative</i>	Durée (éphémère, longue...) / Période

Discussion du paramétrage

Le paramétrage des filières proposé n'est pas le seul possible : nous aurions pu affiner certains paramètres, par exemple en séparant les différents flux physiques ou administratifs. Représenter un plus grand nombre d'interaction nécessiterait toutefois, afin de conserver la lisibilité des schémas fonctionnels et de l'analyse, de les séparer sur plusieurs schémas, comme le fait Hélène Beraud dans sa thèse (2013). Toutefois, nous avons décidé de nous limiter à trois grands types de relations afin de pouvoir les représenter ensemble, et d'observer l'ensemble des interactions réalisées par chaque composant.

Une autre possibilité aurait été de qualifier plus finement le degré de dépendance des relations de dépendance (faible, moyenne, forte...) pour voir s'il évolue : typiquement dans notre cas d'étude, la dépendance du système de gestion des déchets au réseau ferré est nulle à l'état initial, très forte pendant trois mois après la tempête, ce qui fait diminuer la dépendance au réseau routier. Pour notre étude, il nous semble suffisant de voir si ces relations sont interrompues ou créées.

Les flux de déchets exacts seront définis en fonction du cas d'étude. Pour notre propos, on cherchera d'une part à savoir quels déchets sont généralement considérés post-catastrophe (soit du fait de leur quantité, soit du fait de problèmes spécifiques de gestion et de risques environnementaux ou sanitaires importants), et d'autres part quelles filières de gestion sont installées et risquent donc d'être impactées par une catastrophe.

Pour les filières de gestion, on se basera ici sur les filières de gestion communément considérées en France (car définie comme filière REP par exemple, ou historiquement bien implantées), le cas d'étude étant français. A noté toutefois que les filières sont globalement les mêmes *a minima* dans le reste de l'Union Européenne, et plus largement dans les pays industrialisés où un système de gestion des déchets est instauré, et que le modèle développé a vocation à pouvoir être adapté à tout type de territoires.

3.3.2. Définition du système et granulométrie

Une fois posé le paramétrage des filières, nous pouvons nous intéresser à la description du système général. Chaque filière peut être décomposée en fonction des étapes de la gestion des déchets : production, pré-tri, pré-collecte, collecte, traitement. Agrégées, les filières forment l'ensemble du service de gestion des déchets. Ce service s'inscrit lui-même dans un environnement plus large. La première étape de l'analyse fonctionnelle consiste à identifier et modéliser les composants de l'environnement externe.

Analyse fonctionnelle externe

Un des objectifs de l'analyse étant de diagnostiquer les interdépendances avec les autres systèmes urbains il convient de faire apparaître clairement ces systèmes dans l'environnement extérieur. Pour rappel dans « systèmes urbains » nous incluons les systèmes sociotechniques urbains –dont la gestion de crise, le milieu urbain et les milieux naturels. Nous ajoutons également dans l'environnement extérieur les entreprises utilisatrices de matières premières secondaires, qui interviennent après la phase de traitement et ne sont donc pas à l'intérieur du système comme nous l'avons délimité. La Figure 32 (p. 165) présente le bloc diagramme fonctionnel externe du système de gestion des déchets.

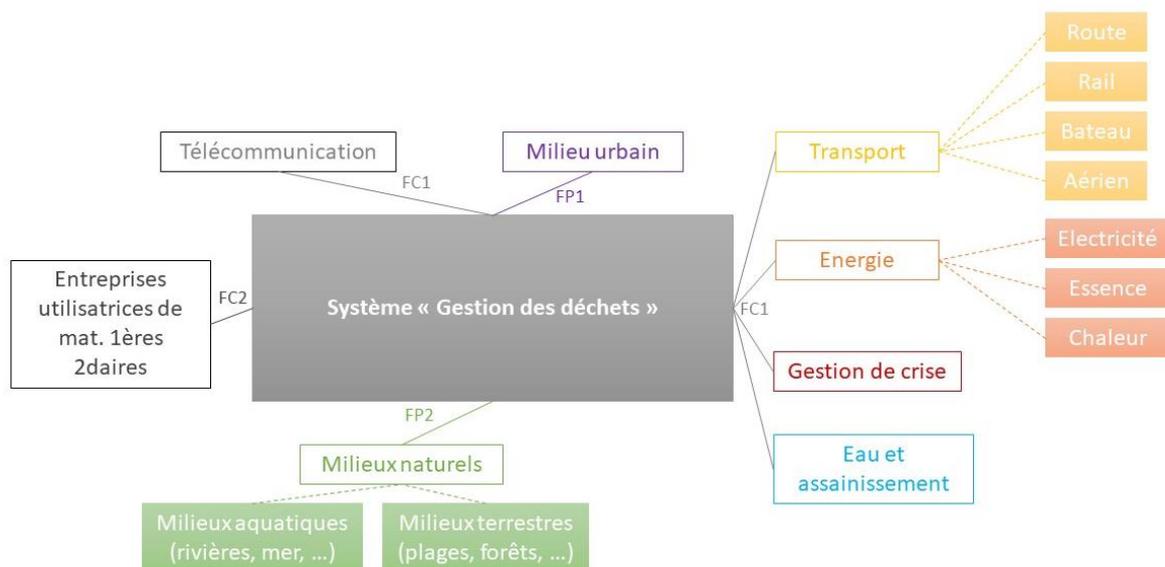


Figure 32 : Bloc diagramme fonctionnel externe du système de gestion des déchets

Ces composants réalisent des interactions avec le système de gestion des déchets. Ces interactions permettent d'identifier deux fonctions principales et deux fonctions contraintes

générales, qui sont *a priori* communes à tous les systèmes de gestion des déchets. Ces fonctions sont présentées dans le Tableau 20 (p. 166).

Tableau 20 : Fonctions du système de gestion des déchets

Fonctions principales du système	FP1 : Répondre aux besoins du système urbain en matière de salubrité et de santé publique (d'après Beraud, 2013) FP2 : Réduire les impacts des déchets sur l'environnement (d'après Beraud, 2013)
Fonctions contraintes du système	FC1 : Eviter l'encombrement et les dommages potentiels causés les déchets sur les systèmes techniques urbains FC2 : Répondre aux attentes des entreprises utilisatrices de matières premières secondaires (d'après Beraud, 2013)

A l'inverse, on peut identifier les fonctions principales des systèmes sociotechniques urbains pour le système de gestion des déchets (Tableau 21, p. 166).

Tableau 21 : Fonctions principales des systèmes sociotechniques urbains comme composants externes du système de gestion des déchets

Composant	Fonctions principales
Télécommunication	Permettre l'échange d'information nécessaire au bon fonctionnement du système de gestion des déchets
Transport	Permettre la collecte et le transport des déchets entre les différents sites de gestion
Energie	Fournir l'énergie nécessaire au bon fonctionnement du service de gestion des déchets
Gestion de crise	Fournir les moyens nécessaires à la gestion des déchets en situation exceptionnelle
Eau et assainissement	Fournir l'eau nécessaire au bon fonctionnement du système de gestion des déchets Permettre l'assainissement des eaux usées produites par le système de gestion des déchets

Analyse fonctionnelle interne : pré-identification des composants

Il s'agit maintenant de définir les composants qui seront utilisés pour l'analyse fonctionnelle interne du système. L'objectif principal de cette analyse étant d'étudier la réorganisation des filières, la granulométrie doit donc permettre d'observer clairement les filières, en particulier les acteurs qui la composent. Nous avons donc déterminé deux granulométries.

Granulométrie 1

Le système de gestion des déchets peut être décomposé en sous-systèmes correspondant aux différentes étapes des filières de gestion des déchets : 1) « pilotage » avec l'organisation

opérationnelle, la régulation et la planification ; 2) production des déchets ; 3) collecte des déchets ; 4) traitement (Figure 33, p. 167)

Nous n'incluons pas le réemploi et les autres activités de prévention dans le système étudié ici, centré sur la gestion. Toutefois, il serait possible d'étudier le système « prévention et gestion des déchets » et inclure ces activités en amont de la production. Nous avons fait ce choix car post-catastrophe, l'état des biens endommagés laisse *a priori* peu de place au réemploi.

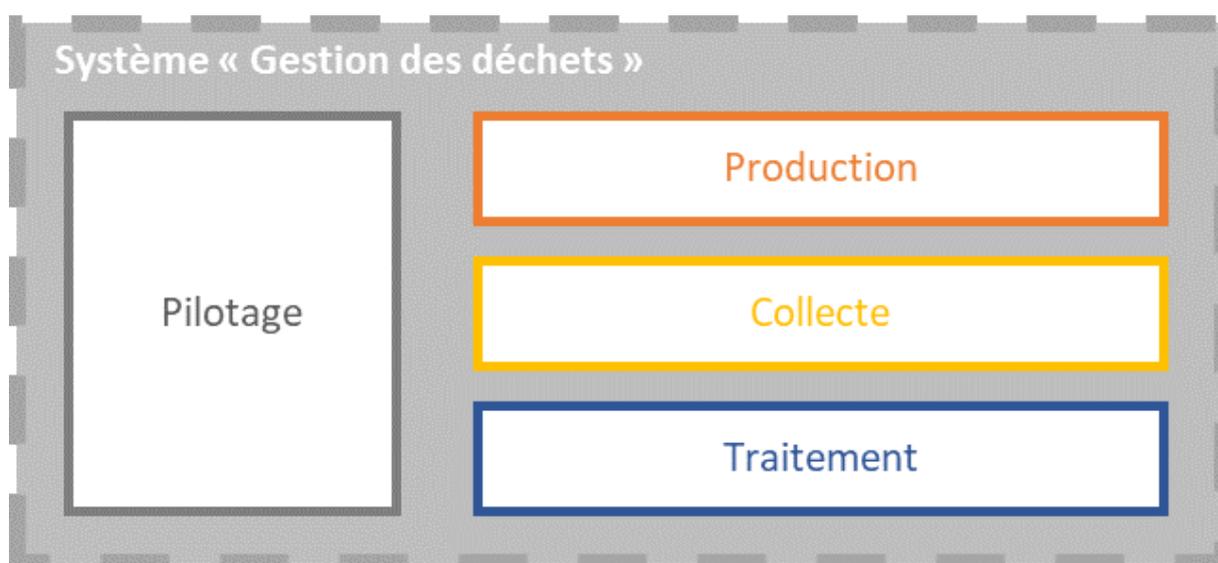


Figure 33 : Séparation en sous-système du système "gestion des déchets"

Contrairement aux différents systèmes présentés plus haut (Beraud, 2013; Tabata et al., 2016; Wakabayashi et al., 2017), nous faisons ici le choix d'inclure les producteur·rices de déchets à l'intérieur du système de gestion des déchets, et non comme composant de l'environnement extérieur. Ce choix est motivé par les raisons suivantes :

- La prévention des déchets prenant de plus en plus d'importance, le rôle des producteur·rices dans le système de gestion des déchets s'accroît ;
- L'augmentation de l'implication des producteur·rices est notamment rendue visible par le développement des filières REP (Responsabilité Elargie des Producteur·rices) ;
- Avec le tri à la source des déchets, les producteur·rices participent au processus de pré-tri. La question du pré-tri est centrale en post-catastrophe ;
- Les producteur·rices participent également à la pré-collecte et à la collecte en déposant leurs déchets dans les installations dédiées.

- La production de déchets est fortement modifiée par les catastrophes naturelles.

De même, le sous-système « pilotage » qui comprend les autorités organisatrices, régulatrices et de planification est inclus dans le système. Bien qu'ils ne soient généralement pas en contact direct avec les flux de déchets, ces acteurs sont des éléments centraux du système de gestion de déchets. Ils participent de manière indirecte, via des flux administratifs, aux échanges physiques de déchets au sein des filières.

Le système de gestion ainsi délimité intègre : 1) tous les agents (voir ci-dessous pour la définition d'agent) **par qui transitent les flux physiques de déchets, de la production au traitement ; 2) les agents qui prennent des décisions organisationnelles, de régulation et de planification qui influent sur l'organisation du système de gestion des déchets.**

Granulométrie 2

Chaque sous-système est ensuite décomposé en agents pour correspondre à l'échelle d'action des acteurs : agents de collecte, agents de stockage, etc.

Tableau 22 : Composants du système de gestion des déchets

Sous-système	Composants
Gestion	Autorité organisatrice Autorité régulatrice Autorité planificatrice Organisations nationales ou internationales
Production	Ménages et assimilés Activités économiques Activité du BTP Activités de soin (hôpital, pharmacie, laboratoire, profession libérale, etc.) Agent de pré-tri
Collecte	Agent de pré-collecte Agent de collecte Agent de stockage Agent de stockage temporaire
Réemploi	Agent de réparation Agent de vente Agent de transport
Traitement	Agent de tri Agent de démantèlement Agent de dépollution Agent de recyclage Agent d'incinération

	Agent d'enfouissement Agent de transport
--	---

Un agent correspond, approximativement, à un acteur et ses moyens associés (par exemple : « agent d'incinération » = entreprise gestionnaire de l'incinérateur + incinérateur), mais cela n'est pas systématique. Notamment, un même acteur peut correspondre à plusieurs agents à la fois. C'est par exemple le cas des grosses entreprises de gestion des déchets qui seront à la fois agent de collecte, agent de stockage, agent de recyclage, etc. C'est aussi le cas des intercommunalités qui assurent la gestion des ordures ménagères en régie : elles sont à la fois autorité organisatrice et agent de traitement. Certains composants peuvent être seulement des éléments physiques. C'est le cas par exemple des aires de déposes ou des zones de stockage temporaire ouvertes un peu spontanément sans gestionnaire ou responsable associé.

Les agents que l'on retrouve généralement sont présentés dans le Tableau 22 (p. 168).

A noter que chaque agent peut être lui-même décomposé à une granulométrie plus fine (voir par exemple (Beraud, 2013), p. 229). Celle-ci ne fera pas l'objet de notre étude.

3.3.3. Adaptation du tableau d'analyse fonctionnelle et d'AMDE

Comme expliqué précédemment (§ 3.2.3), le tableau utilisé est adapté des tableaux d'analyses fonctionnelles et d'AMDE. Le terme « défaillances » est simplement remplacé par « réorganisations ».

De plus, afin de croiser cette pseudo-AMDE avec l'analyse filière, seront également précisés : les échanges de flux de déchets auxquels le composant participe (directement par l'échange même de déchet, ou indirectement via les flux administratifs ou les relations de dépendance) ; les bornes temporelles de l'activation du composant (i.e. les phases pendant lequel le composant établit des interactions) ; l'échelle spatiale de l'action du composant.

Le tableau aura donc la forme suivante (Tableau 23) :

Tableau 23 : tableau d'AREF

Id	Composant	Analyse filière			Analyse fonctionnelle		Analyse des réorganisations et de leurs effets		
		Déchets	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Fonctions principales	Fonctions secondaires	Réorganisations	Causes	Effets

Conclusion du chapitre 3

Ce chapitre a mené à l'élaboration d'une méthode inspirée de la sûreté de fonctionnement, en particulier d'analyses fonctionnelles et d'AMDE, pour analyser la réorganisation des filières de gestion des déchets en situation de post-catastrophe. Cette méthode, dite méthode « d'analyse des réorganisations et de leurs effets sur les filières (AREF) », bien qu'elle soit *a priori* adaptée pour un système théorique de gestion des déchets, s'applique plutôt sur des cas d'étude : du fait de la diversité possible des organisations des systèmes de gestion des déchets, un système théorique serait soit trop complexe à modéliser, soit trop simplifié pour permettre une analyse fine. Elle se déroule en cinq étapes : une synthèse de la catastrophe via les indicateurs de Brown (2012) et deux indicateurs supplémentaires sur les capacités de traitement ; une délimitation des filières grâce aux paramètres généraux et la sélection des flux de déchets ; une analyse fonctionnelle externe du système en situation fonctionnelle ; une analyse fonctionnelle interne à chaque étape de la gestion de crise ; le remplissage du tableau d'AREF.

Par rapport aux méthodes existantes de sûreté de fonctionnement, le principal apport est l'ajout de la temporalité de la gestion de crise, notamment des phases de la post-catastrophe, avec l'observation non plus des défaillances des composants mais des réorganisations des composants et de leurs relations.

Un autre apport, vis-à-vis du système de gestion des déchets cette fois, est le couplage de l'analyse fonctionnelle avec l'analyse filière, et le développement d'un paramétrage pour délimiter les filières étudiées. Enfin, par rapport aux études existantes sur la gestion des déchets post-catastrophe, la méthode proposée met en lumière les enjeux liés aux interdépendances avec les autres systèmes sociotechniques urbains.

Le chapitre suivant va présenter l'application de la méthode pour analyser la gestion des déchets après la tempête Alex dans la vallée de la Roya.

Chapitre 4 : Application de la méthode sur un retour d'expérience – cas de la gestion des déchets après la tempête Alex dans la vallée de la Roya

Sommaire

Chapitre 4 : Application de la méthode sur un retour d'expérience – cas de la gestion des déchets après la tempête Alex dans la vallée de la Roya	172
Sommaire.....	172
Introduction du chapitre 4.....	174
4.1. Enquête terrain : contexte régional et éléments méthodologiques.....	175
4.1.1. Contexte : la région Provence-Alpes-Côte d'Azur face aux déchets post-catastrophe	175
4.1.2. Réalisation de l'enquête terrain, quelques éléments méthodologiques	183
4.2. Présentation du cas d'étude : les impacts d'un évènement exceptionnel sur un territoire enclavé	186
4.2.1. La vallée de la Roya : un territoire enclavé peu préparé au risque d'inondation	186
4.2.2. La tempête Alex : impact d'un phénomène météorologique extrême sur le système de gestion des déchets	192
4.2.3. Sélection des filières de gestion des déchets les plus impactées	203
4.3. Analyse systémique de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya après la tempête Alex	206
4.3.1. Déchets produits par la catastrophe.....	206
4.3.2. Déchets de la gestion de crise et de la continuité de service	212
4.3.3. Premiers résultats : des nouveaux déchets aux nouveaux acteurs	218
Conclusion du chapitre 4	222

Introduction du chapitre 4

Ce chapitre va permettre de tester la méthode développée au chapitre précédent afin de d'observer la manière dont le système de gestion des déchets se réorganise pour répondre aux nouveaux enjeux/besoins créés par la catastrophe sur les systèmes urbains (et par la suite de conclure sur la réorganisation des filières).

Il reviendra dans un premier temps sur les éléments de contexte et de méthodologie de la réalisation de l'enquête terrain. La deuxième section présentera le cas d'étude et mettra en place les premières étapes de la méthode : calcul des indicateurs de de la gestion des déchets post-catastrophe et sélection des filières étudiées. Enfin, la dernière section présentera les résultats de l'analyse fonctionnelle, qui sera divisée en deux parties : une première sur la gestion des déchets produits par la catastrophe et une deuxième sur la gestion des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité.

4.1. Enquête terrain : contexte régional et éléments méthodologiques

4.1.1. Contexte : la région Provence-Alpes-Côte d'Azur face aux déchets post-catastrophe

Le Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets (PRPGD)

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur est sujette à de nombreux risques naturels et a subi régulièrement d'importantes inondations au cours des dernières décennies. Récemment, la tempête Alex d'octobre 2020 a durement touché les vallées de la Vésubie et de la Roya, détruisant villages et routes. La gestion des déchets a été fortement désorganisée, notamment en raison de la difficulté d'accéder aux vallées. Avant ça, les inondations du Var en juin 2010 (notamment à Draguignan) ou encore de la région de Cannes en octobre 2015 avaient été très destructrices.

L'équipe régionale en charge de la planification de la gestion des déchets souhaite donc mieux préparer les événements futurs. Le volet déchets de situation exceptionnelle (DSE) de leur PRPGD reste cependant assez succinct. Il stipule qu'une capacité d'élimination de 100 000 tonnes par an doit être dédiée aux déchets de catastrophe à l'échelle régionale. Un responsable de la planification précise que le calcul de cette capacité n'a toutefois pas été réalisé avec une estimation des quantités de déchets liés aux catastrophes, mais en examinant la capacité de stockage restante si la région atteint tous ses objectifs de réduction. Plus largement, la rédaction rapide du plan, du fait des délais à respecter pour répondre aux normes européennes sur la planification de la gestion des déchets, n'a pas laissé le temps de déployer le processus de concertation avec les acteurs locaux, qui a été mis en place sur des sujets considérés prioritaires : biodéchets et déchets verts, tri et collecte, économie circulaire, tourisme et déchets, déchets du BTP⁵⁶ (source : entretien avec la Région). Cela n'a donc pas permis d'une part de recueillir les avis des acteurs sur la question, et d'autre part de les sensibiliser aux enjeux de la gestion des déchets post-catastrophe. La Région souhaite rattraper ce processus et indique dans son plan sa volonté de mettre en place un groupe de travail sur le sujet (Tableau 24, p. 176). C'est dans ce cadre que l'atelier « *Comment anticiper la gestion des déchets en cas de catastrophe naturelle ?* » a été organisé (cf. introduction).

⁵⁶ Le processus de concertation est décrit en pages 6 à 10 du PRPGD.

Tableau 24 : Extrait du volet déchets de situation exceptionnelle du PRPGD de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur (p. 407)

F. PROPOSITION DE CREATION D'UN GROUPE DE TRAVAIL

Le caractère récent de cette partie relative à la planification de la gestion des déchets en situation exceptionnelle demande une réflexion plus approfondie. Elle pourrait être menée dans le cadre d'un groupe de travail régional constitué des acteurs de la gestion des déchets mais également de la gestion des risques tels le Service Interministériel Régional des Affaires Civiles et Economiques de Défense et de la Protection Civile, l'Agence Régionale de la Santé, le BRGM, ...

Ce groupe de travail pourrait notamment assurer l'élaboration d'une méthodologie commune de suivi de la mise en œuvre de PCA au sein des collectivités et des opérateurs privés, la gestion de la coordination des acteurs, l'information sur les préconisations retenues par les acteurs mais aussi sur les analyses post-crise.

Cette démarche pourra également être l'occasion de clarifier les rôles et responsabilités des différents acteurs, d'établir une chaîne de responsabilités, d'établir des procédures permettant un tri efficace en temps de crise, et de consulter les maîtres d'ouvrages en plus des exploitants lors de la recherche ou la mobilisation de sites.

Par ailleurs, les EPCI pourraient avoir la nécessité d'être mieux informés sur cette question, sur les procédures à envisager pour retenir des sites d'entreposage intermédiaires et sur les modalités de mobilisation de ces derniers en cas de besoin.

Un document de communication à destination des EPCI pourra constituer un des objectifs à court terme de ce genre de travail.

L'intérêt de la Région pour le sujet provient du croisement entre trois facteurs :

1. **Un territoire fortement à risque.** La région Provence-Alpes-Côte d'Azur est la région métropolitaine la plus exposée aux aléas naturels (inondations, séismes, sécheresses et submersions marines). Elle subit très régulièrement des événements orageux extrêmes qui créent des inondations (pluies cévenoles notamment).
2. **Des capacités d'enfouissement des déchets très limitées.** Les capacités d'enfouissement des déchets arrivent à saturation (comme dans de nombreux territoires urbanisés). La Région craint donc qu'une catastrophe naturelle de grande ampleur monopolise les capacités restantes, réduisant les possibilités d'élimination futures.
3. **Des moyens importants dédiés aux questions déchets.** La Région est bénéficiaire de fonds européens dans le cadre du projet LIFE IP Smart waste⁵⁷. Elle doit dans ce cadre organiser des ateliers sur des sujets émergents, dont fait partie la gestion des déchets post-catastrophe.

⁵⁷ <https://www.lifeipsmartwaste.eu/>

Les initiatives des acteurs locaux

L'exposition de la région aux aléas naturels amène également à des initiatives plus locales. La communauté d'agglomération de Draguignan (Dracénie Provence Verdon agglomération) subit régulièrement des inondations qui l'ont menée à adapter progressivement sa réponse, notamment vis-à-vis de la gestion des déchets : un quai de transfert des ordures ménagères situé en zone inondable a été surélevé pour permettre l'écoulement de l'eau ; une déchetterie située en zone inondable était en train d'être déplacée au moment de l'entretien ; le service déchets est inclus dans la réalisation des retours d'expérience qui sont systématiques ; les camions de collecte, stationnés en zone inondable, sont déplacés en cas d'alerte inondation ; les plannings prévisionnels de collecte après les inondations sont réalisés en fonction des passages des assurances, etc. (source : entretien DPVA, septembre 2021). Le plan séisme de Nice, réalisé par la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM), identifie des zones de stockage temporaire. Au niveau inter-régional, la DREAL de Zone Sud a également réalisé cet exercice (sans que la liste ne soit partagée publiquement, voir § 6.2.3, p. 306). Certaines entreprises locales ont l'habitude d'adapter leur processus de traitement aux déchets des inondations : les chaînes de tri sont ralenties pour être efficaces même sur les déchets boueux, les déchets sont nettoyés pour être traités, etc. De même, Ecosystem Sud est très mobilisé sur la question.

Ecosystem, éco-organisme de la filière REP DEEE, a par exemple une procédure d'intervention qui lui permet généralement, sur des événements de moyenne ampleur, de collecter les DEEE pour les envoyer dans les filières de traitement habituelles.

Un responsable suit les alertes inondations, puis pré-identifie le périmètre impacté. Après l'autorisation de la direction pour rentrer en procédure CAT NAT (catastrophe naturelle), les partenaires locaux sont contactés par téléphone pour identifier leurs besoins. Un mail type est ensuite envoyé aux partenaires locaux pour signaler la procédure. Cette prise de contact permet également de s'assurer que les prestataires sont bien opérationnels, et en trouver de nouveaux le cas échéants (par exemple à Cannes en 2015 tous les prestataires locaux étaient impactés, il a fallu aller en chercher plus loin). Les coûts supplémentaires sont supportés par Ecosystem. Ecosystem s'assure également que Emmaüs et Envie⁵⁸ ne sont pas touchées.

⁵⁸ Structure de réinsertion via réparation/réemploi, créée initialement par Darty.

Ces premières prises de contact permettent de mieux localiser les évènements. Entre J+2 et J+5, des salarié·es se rendent sur le terrain pour visualiser les dommages et les possibilités d'action. Iels visitent les déchetteries ciblées pour la collecte et les partenaires impacté·es (galeries commerciales, supermarchés, etc.). Les déchets souillés (par la boue notamment) ne sont pas un problème mais les frigos doivent être vidés. En procédure CAT NAT, le froid, normalement séparé à la source, est parfois mélangé avec le hors-froid et trié plus tard. Des zones de regroupement peuvent ensuite être mises en place en partenariat avec la DREAL⁵⁹, elles doivent respecter certains aspects techniques (terrain assez solide pour réceptionner les bennes, accès camions, etc.⁶⁰). Ecosystem prend également contact avec les autorités (DREAL, préfectures, régions) qui sont des relais pour les particuliers et les commerces impactés.

La gestion peut ensuite durer plusieurs semaines : les sinistré·es vident et nettoient leurs habitations pendant les premières 48 heures, puis attendent le passage des assurances, généralement une à deux semaines après, avant de demander l'évacuation. Vient ensuite la phase de nettoyage des personnes qui n'étaient pas là pendant la catastrophe. Il peut y avoir une activité intense jusqu'à deux mois après la catastrophe. Pendant ce temps Ecosystem reboucle avec les magasins, les collectivités et fait le suivi des aires de regroupement. La reconnaissance de la catastrophe naturelle par les pouvoirs publics accentue l'action, cela permet également à l'éco-organisme de voir s'il est passé à côté de certaines zones sinistrées.

Enfin, environ un mois après la catastrophe, une analyse complète du dispositif est réalisée. S'il y a des réunions de suivi, Ecosystem regarde les nouvelles personnes à intégrer et les points à modifier. Deux bilans sont réalisés : un en interne avec un retour sur les coûts, les volumes collectés, etc. ; et un en externe, soit par mail avec les données et une synthèse complète, soit idéalement lors d'une réunion avec les partenaires quelques mois après.

Un autre point est la lutte contre le vol et les pillages. Cela arrive fréquemment lors des catastrophes, les déchets volés sont alors revendus sans traitement approprié (la boule de cuivre du moteur peut par exemple être récupérée en capant le moteur, le gaz du frigo, quatre

⁵⁹ Idéalement, il faudrait que les aires de regroupement soient pré-identifiées dans les PCS (Plans communaux de sauvegarde). Ecosystem échange avec les collectivités pour qu'elles le fassent. Beaucoup de collectivités des Alpes Maritimes l'ont fait, un peu moins dans le Var.

⁶⁰ Si le terrain est trop boueux, les bennes ne peuvent pas être retirées. Il faut parfois couper des câbles de téléphones pour permettre le passage des camions. Une fois, il a fallu casser le mur d'un voisin et faire passer les camions sur son terrain.

fois plus polluant que le CO₂ s'échappant à ce moment-là). Ecosystem demande alors l'appui des pouvoirs publics et des gendarmes.

Toutefois, ce processus n'est pas toujours efficace. Ainsi, dans la Roya, on a pu constater une « désactivation »⁶¹ des filières REP liées aux ordures ménagères : tout tri à cesser que cela soit les emballages, les meubles ou les DEEE. Ecosystem est rentré très tôt en contact avec les autorités locales pour demander à ce que les DEEE soient mis de côté, mais les conditions n'ont pas permis le tri des déchets.

Un certain nombre d'acteurs sont donc proactifs sur la question de la gestion des DSE, en particulier des déchets post-inondation. Les acteurs qui se mobilisent sont plutôt des acteurs qui sont confrontés régulièrement à des événements exceptionnels, soit à une échelle très locale car leur territoire subit de nombreux aléas, soit car ils agissent à l'échelle régionale et se retrouvent ainsi impliqués dans les événements exceptionnels sur tout le périmètre régional. Ainsi la Dracénie Provence Verdon agglomération n'avait pas inclus la gestion des déchets dans son premier plan intercommunal de sauvegarde (PICS), réalisé suite aux inondations de 2010, mais l'a rajoutée après, avec les diverses expériences qui ont suivi.

La prise en compte de la gestion des déchets post-catastrophe par les acteurs locaux, bien qu'*a priori* plus importante que dans la plupart des autres régions françaises, reste encore très inégale dans la région. De ce fait notamment, les retours d'expérience sont loin d'être systématiques, comme nous avons pu le voir après la tempête Alex.

Quels retours d'expérience sur la gestion des déchets après la tempête Alex ?

On peut ainsi observer une absence d'intérêt pour les déchets post-catastrophe dans les retours d'expérience des services de l'Etat de la tempête Alex (CGEDD, 2021; Préfecture des Alpes Maritimes, 2021), malgré un focus important sur la reconstruction et les impacts sur les réseaux. Le retour d'expérience de la préfecture résume ainsi l'action d'Enedis et présente une chronologie du rétablissement des sites mobiles d'Orange, SFR et Bouygues. Pour le réseau d'assainissement, un bilan des dégâts sur les territoires de la MNCA et de la CARF est effectué, ainsi qu'une liste des missions réalisées par l'ARS. Or, si la remise en état des réseaux d'électricité et d'eau était en effet plus importante que celle de la gestion des déchets au

⁶¹ Le § 5.1.1 reviendra sur cette notion de désactivation, et celle, liée, de suractivation.

début de la crise, la gestion des déchets a posé de nombreux problèmes (sur lesquels nous reviendrons dans la suite de ce chapitre) par la suite.

On notera tout de même la prise en compte de la collecte des déchets dans l'estimation des coûts des travaux de reconstruction « *pour les travaux d'assainissement, hydraulique et pluvial, eau potable et collecte des déchets* » pour la métropole de Nice, et un point sur la gestion de l'évacuation des déchets de soin à risques infectieux (Préfecture des Alpes Maritimes, 2021, p. 73) (voir Tableau 25, p. 180).

Au niveau des opérateurs, la CARF (Communauté d'agglomération de la Riviera française) a réalisé un suivi des déchets. Celui-ci n'a pas été formalisé sous la forme d'un rapport mais des présentations ont été faites, en interne et aux élu-es de la collectivité notamment, ainsi que lors de l'atelier organisé par la Région. Les principaux moyens techniques déployés (engins spéciaux, ZST) ont aussi été présentés. Les informations transmises restent toutefois assez succinctes au vu de la diversité des actions déployées et des problèmes rencontrés.

Force 06, organe de gestion des catastrophes plus habitués aux retours d'expérience, a inclus une partie relativement détaillée sur ces activités de nettoyage dans son rapport (voir Tableau 25) : les moyens, notamment le matériel, déployés y sont très détaillés, mais pas le devenir des déchets. A Veolia, une note sur ce qui a été fait après la catastrophe (qualifié en entretien de « *brouillon dactylographié* ») a été réalisée, mais pas de réel retour d'expérience. De même la Région, via son antenne niçoise, produisait des points de situation par mail relativement exhaustifs mais peu détaillés.

Ainsi, consciente du manque de connaissances sur le sujet et de la nécessité de réaliser des retours d'expérience, la Région, membre du comité de suivi scientifique de la présente thèse, a suggéré comme cas d'étude la tempête Alex et a apporté son soutien à la réalisation du retour d'expérience de la gestion des déchets après ladite tempête⁶² (en cours de finition).

Tableau 25 : *Eléments sur les déchets extrait des retours d'expérience de la tempête Alex*

Retour d'expérience de Force 06 (territoire littoral ouest) :

L'ensemble des agents du territoire Littoral Ouest, disponibles le samedi 03 octobre 2020 ont répondu présent pour intervenir en urgence sur la vallée de la Vésubie, en mission de réouverture

⁶² La Région a permis la prise de contact avec un certain nombre d'acteurs interviewés et a participé à la relecture du rapport.

d'axe de communication, plus précisément entre le village de Saint Jean La Rivière et le Suquet sur la Route métropolitaine 2565.

Le travail consistait essentiellement à du **bucheronnage d'un apport important de matériaux charriés et déposés sur la route** par la Vésubie. Pour réaliser la mission du jour, le territoire a fourni une pelle à pneus de 14 tonnes de type Caterpillar ainsi qu'un mini chargeur de type Caterpillar, nous sommes bien sûr intervenus en renfort des agents du territoire Préalpes de Nice qui étaient à pied d'œuvre à nos arrivées. [...]

[Dès le 4 octobre, nous avons été redéployés à Breil-sur-Roya.] Nous nous sommes présentés avec les volontaires du territoire ainsi que la pelle à pneus de 14 Tonnes, le Mini Chargeur Caterpillar, deux Unimog U 4000 en versions feux de forêts avec treuils, un camion benne de 19 tonnes, un camion de 14 tonnes avec grue auxiliaire de chargement et des agents spécialiste dans les travaux en hauteurs, ainsi que des spécialistes en bucheronnages.

À notre arrivée nous nous sommes déployés avec nos collègues de la base de Breil sur le cœur du village de Breil-sur-Roya pour **désensabler la route principale et enlever l'ensemble des véhicules qui étaient ensevelis** (+ de 200 voitures), pour ce faire nous avons engagé la pelle à pneus, le mini chargeur, les deux moyens feux de forêt avec l'utilisation des treuils.

Nous avons donc pris la mesure des travaux à réaliser dans l'urgence, car à chaque instant, nous recevions des sollicitations pour intervenir sur différents domaines. Décision et prise de sectoriser le village de Breil-sur-Roya en quatre secteurs avec un chef de secteur désigné à chaque fois.

Le premier secteur était le cœur du village avec le **désensablage, l'enlèvement et le transport des véhicules sur une zone de stockage, le nettoyage des rues du village ainsi que le nettoyage des magasins, des commerçants impactés ainsi que le nettoyage des habitations impactées.**

Le deuxième secteur, la mission était de libérer les **deux ponts du village de leurs embâcles respectifs** : le premier étant le pont supérieur et du Pont Charabot, d'énormes embâcles avec des arbres de gros diamètre étaient enchevêtrés. L'équipe de spécialiste de travail en hauteurs a pris la mission en compte.

Le troisième secteur, était au niveau du chapiteau où la mission était le **désensablage, l'enlèvement de l'ensemble des véhicules et rémanents.** Et la reconstruction de 30 mètres de route emporté.

Le quatrième secteur était le quartier Isola où la mission était de **désensabler l'ensemble des habitations individuelles**, environ 100 cm de limon à l'intérieur des maisons et jusqu'à 150 cm à l'extérieur.

[...]

Nous avons ensuite ouvert un nouveau secteur toujours sur le village de Breil-sur-Roya, mais plus exactement sur le hameau de Pienne Basse qui se situe à environ cinq kilomètres du village en aval, mais nous avons rencontré beaucoup de difficulté pour nous y rendre, puisque la route entre BREIL sur ROYA et Pienne Basse a été emporté, nous devions y accéder par le col de Buis (environ 45 minutes de transit). La mission sur place était la même que dans le village : **désensablage de la route, de l'habitation, enlèvement des véhicules, enlèvement des embâcles entre les habitations et nettoyage de l'ensemble des avaloirs.** Pour réaliser la mission nous avons mis en place la pelle à pneus de la base de BREIL ainsi qu'un camion 19 tonnes et du personnel de Breil et Sospel.

Retour d'expérience de la préfecture – volet opérationnel (Préfecture des Alpes Maritimes, 2021)

[p. 71] 2.B.8.6) Réseau d'assainissement et d'eau potable

[...]

Bilan des dégâts pour la Métropole Nice Côte d'Azur

- reconstruction de 3 stations d'épuration sur la Vésubie et 1 sur la Tinée ainsi que 10 km de réseaux d'eaux usées sur la Vésubie ;
 - reprise / Reconstruction de 8 captages d'eau potable ou sources ou usines sur la Vésubie et 1 sur la Tinée ainsi que 20 à 25 km de réseaux d'eau potable sur la Vésubie et 1 à 2 km sur la Tinée.
- L'estimation des travaux de reconstruction s'élève à 61 M€ pour les travaux d'assainissement, hydraulique et pluvial, eau potable et collecte des déchets.

[...]

[p. 73] **Évacuation des déchets de soin à risques infectieux**

- Évaluation des risques sanitaires
- Accompagnement des établissements et professionnels de santé
- Lien avec les autorités régionales (DREAL, ARS siège) et nationales (ministères de la santé et de l'environnement)

Points positifs

- + Forte implication des établissements de santé (notamment CHU Nice) ;
- + Bonne structuration du réseau d'expertise régional et national (santé et environnement).

Points perfectibles

- Moyens humains disponibles pour faire face à la crise et poursuivre le travail quotidien prioritaire ;
- Défaut de connaissance des structures et moyens italiens.

Ainsi, les divers « retours d'expérience » plus ou moins formalisés montrent des préoccupations différentes en fonction des acteurs :

- Les gestionnaires des déchets (CARF, Veolia) se sont principalement intéressés au suivi des quantités de déchets et des moyens humains et matériels mis en œuvre pour les gérer ;
- Force 06 s'est concentrée sur le matériel déployé lors des opérations de nettoyage ;
- La préfecture ne s'est intéressée qu'aux DASRI. Est-ce parce que ce sont des déchets dangereux (d'autant plus sensibles en période de Covid) ou parce qu'ils sont gérés par l'ARS avec l'appui de la DREAL, organes de l'Etat décentralisé en lien direct avec la préfecture, facilitant l'accès aux informations ? Par exemple, le plan ORSEC maritime a été déclenché par la préfecture maritime pour ramasser les débris en mer, mais cela n'est pas mentionné dans le REX de la préfecture départementale.

- Les points de situation de la maison de la Région résumaient les opérations réalisées pour la collecte des déchets et s'accompagnaient d'actions de soutien envisageables par la Région.

4.1.2. Réalisation de l'enquête terrain, quelques éléments méthodologiques

Choix du terrain

Nous avons donc choisi d'étudier la gestion des déchets après la tempête Alex dans la vallée de la Roya. Si une partie importante des acteurs interrogés sont intervenus sur toute la zone impactée, nous avons décidé de nous concentrer principalement sur la Roya, à cause des limites temporelles de la thèse, accentuées par les difficultés d'accès causées par la pandémie de Covid-19. Le choix s'est porté sur la vallée de la Roya car la gestion des déchets post-Alex y a été plus difficile que dans les vallées de la Vésubie et de la Tinée, à cause notamment de la destruction des routes qui a perturbé voire empêché le trafic routier pendant plusieurs mois.

Le littoral n'a pas été impacté directement mais de grandes quantités de déchets y ont été charriées. Au cours de l'enquête terrain, il s'est avéré que cela avait entraîné des difficultés et des dispositions particulières qu'il nous a paru intéressant de creuser également.

Le choix de ce terrain représentait ainsi plusieurs intérêts :

- Au niveau des connaissances sur les déchets post-catastrophe :
 - La forte perturbation du système de gestion des déchets par la défaillance du système de transport. Les catastrophes de grande ampleur obligent souvent à se concentrer sur les difficultés liées aux grandes quantités de déchets produits, au détriment des problèmes sur la continuité d'activité. Ici, l'isolement de villages non impactés présente des aspects intéressants sur la réorganisation du service.
 - La propagation des impacts de la catastrophe par le déplacement des déchets produits. Cet aspect est plus régulièrement traité que le précédent dans les études sur les déchets post-catastrophe, mais souvent difficile à approfondir car il faut identifier les lieux où se sont déplacés les déchets ce qui n'est pas toujours évident. Ici, les déplacements ont été importants mais ont été restreints à l'échelle départementale, facilitant l'identification des zones « d'éparpillement » des déchets.

- Au niveau méthodologique :
 - La question du délai entre l'évènement et l'enquête est primordiale en gestion de crise. L'enquête doit être suffisamment éloignée de l'évènement pour éviter de déranger la gestion de l'urgence et la reconstruction, mais suffisamment proche pour que les personnes entretenues aient en mémoire les détails de leurs actions. Le délai ici (la majeure partie des entretiens ont eu lieu au premier semestre 2022, voir ci-après) a globalement permis d'optimiser ces deux contraintes.
 - Un terrain relativement circonscrit, qui permet d'interroger l'ensemble des acteurs impliqués

Modalités de l'enquête terrain

Si le chapitre 3 a permis de développer la méthodologie d'analyse, il convient également de revenir sur la méthodologie de collecte des données.

L'enquête terrain s'est déroulée en quatre temps :

1. Un premier séjour d'une semaine en juillet 2021 pour participer à un atelier d'architecture en montagne sur les centres anciens, organisé par Marion Serre et Gabriele Salvia, de l'école d'architecture de Marseille. Ce projet d'urbanisme participatif, antérieur à la tempête, visait à questionner l'avenir de Breil-sur-Roya, qui voyait déjà sa population diminuer, en faisant des propositions architecturales et urbaines pour revitaliser le centre ancien. Les problématiques d'enclavement du village et de dégradation du bâti ancien ont été accentuées par les effets de la tempête. Ce séjour a été l'opportunité de découvrir le contexte historique et social de la vallée, de mieux comprendre les effets de la tempête et les causes des dommages, d'en apprendre plus sur le milieu associatif local et sur les entreprises locales du BTP et leurs moyens. Ces informations ont été recueillies lors d'échanges formelles dans le cadre de l'atelier (présentation du maire et de l'adjointe à l'urbanisme, présentation d'Emmaüs Roya et de leurs actions, visite de la ville par une architecte locale) ou de discussions informelles avec les habitant·es de Breil-sur-Roya.
2. Un déplacement d'un mois dans la vallée de la Roya, en mars 2022, soit un an et demi après la tempête. La majeure partie des entretiens a eu lieu pendant ce séjour. A noter que, même pendant le séjour, un certain nombre d'entretiens (8 sur les 15) ont été

réalisés en distanciel (visioconférence ou téléphone), du fait d'une préférence des personnes interrogées, probablement par habitude post-Covid. Des observations terrains ont également été réalisées, elles m'ont permis de mieux appréhender un certain nombre d'éléments : les difficultés de circulation encore importantes à cause de la route en travaux, les nombreux débris (notamment carcasses de voitures) encore présents dans la rivière, la localisation des zones de stockage de temporaire.

3. Des entretiens à distance de février à novembre 2022 pour compléter ceux qui n'ont pas pu être réalisés en face à face (identification ou réponse trop tardive des acteurs, annulations à cause du Covid ou d'impératifs professionnels⁶³, etc.).
4. Un deuxième déplacement d'une semaine en novembre 2022. Ce déplacement a commencé par un détour par Marseille pour discuter avec la Région de ce qui avait déjà été fait sur le retour d'expérience. Il a permis notamment un entretien avec l'ARS (Agence Régionale de Santé), la participation à une journée de nettoyage post-Alex de la Vésubie organisée par l'association les Week-ends solidaires, ainsi que des observations des plages impactées indirectement et du côté italien de la Roya.

NB : Impact de la pandémie Covid-19

Idéalement, dans le temps de la thèse, le déplacement d'un mois aurait dû avoir lieu six mois plus tôt. Toutefois, il a dû être différé du fait des restrictions liées au Covid. Cela n'a pas impacté le contenu des entretiens réalisés, mais a diminué le temps consacré à réaliser des entretiens complémentaires a posteriori.

Au niveau des résultats, on pouvait s'attendre à une complexité supplémentaire du fait du croisement de deux catastrophes, la tempête ayant eu lieu juste avant le deuxième confinement.

Toutefois il semblerait que les problématiques autour de la pandémie soient passées en arrière-plan. Ainsi, rares sont les mentions faites à ce propos pendant les entretiens. Quelques acteurs ont mentionné des difficultés dues à la fermeture de la frontière italienne. Dans l'ensemble, les mesures de distanciation étaient assez difficiles à respecter sur place. Les travaux ont donc avancé sans trop se préoccuper de ces questions. Il y a par exemple eu un cluster sur une zone de chantier mais sans conséquences graves. Enfin, des volontaires ont mentionné qu'il était finalement plutôt très agréable d'aller faire des chantiers solidaires car c'était le seul moyen de sortir de chez elleux.

Ainsi, une vingtaine d'acteurs ont été interrogés : 22 via des entretiens (listés dans le Tableau 2, p. 38 en introduction) plus les bénévoles des Week-end solidaires (4) et du nettoyage des

⁶³ L'entretien avec l'agent de Force 06, initialement prévu lors du déplacement terrain, a dû être déplacé car un incendie nécessitant son intervention s'est déclaré ce jour-là. De l'aléa de faire des entretiens avec des acteurs de la gestion de crise !

plages de Saint-Laurent-du-Var rencontrées (2). Les modalités de réalisation des entretiens sont exposées en introduction.

4.2. Présentation du cas d'étude : les impacts d'un événement exceptionnel sur un territoire enclavé

4.2.1. La vallée de la Roya : un territoire enclavé peu préparé au risque d'inondation

Un territoire enclavé

La vallée de la Roya, située dans le département des Alpes Maritimes, à 85 km au nord de Nice, dans le parc national du Mercantour, à la frontière italienne (voir carte de localisation en Figure 37, p. 194), est un territoire montagnard avec un patrimoine naturel remarquable. C'est une succession de bassins coupés de gorges : gorges de Paganin, de Berghe, de Saorge et de Fanghet-to (Cyprien et al., 2022). La Roya prend sa source au col de Tende à 1871 m d'altitude et s'écoule sur environ 40 km en France, puis traverse l'Italie pour se jeter dans la mer méditerranée à Vintimille. Son cours s'enrichit de plusieurs torrents : le Rio Freddo à Tende, la Bendola en aval de Saorge ou la Cairos en aval de Fontan sur la rive droite. Le bassin versant de la vallée de la Roya s'étend sur 35 km de long et 23 km de large pour une superficie totale d'environ 477 km² (BRGM PACA, 2002).

La partie française est composée de cinq communes : Breil-sur-Roya, la plus basse, puis en remontant Fontan, Saorge, La Brigue et Tende. Les cinq communes sont situées sur le territoire de la Communauté d'Agglomération de la Riviera Française (CARF), dont la plus grande ville est Menton. 73 000 personnes vivent sur le territoire de la CARF, dans une quinzaine de communes. La majorité de la population (80 %) vit en bord de mer. Le reste des habitants vivent dans l'arrière-pays, dans des petits villages avec une faible densité de population en raison de la configuration montagneuse. Dans la vallée de la Roya, les deux plus grandes communes, Breil-sur-Roya et Tende, comptent un peu plus de 2100 habitants. En tout, d'après le recensement de 2019, 5774 personnes habitaient les cinq communes de la Roya.

Du fait des contraintes montagneuses, la vallée présente un fort enclavement, avec des nombreux espaces accessibles seulement en randonnée (Cyprien et al., 2022). Les seuls accès routiers se font par le col de Tende au Nord, le col de Brouis qui relie la Haute-Roya et la Haute-

Bévéra entre Breil-sur-Roya et Sospel, et la route vers Vintimille au sud. Les lignes de train Nice-Breil-Cuneo et Breil-Vintimille, inaugurées le 30 octobre 1928, ont fortement contribué au désenclavement et au développement économique et touristique de la vallée. Toutefois, des défauts de maintenance à partir de 2013 ont entraîné des diminutions de la vitesse et du nombre de trains quotidiens, impactant négativement l'activité touristique et le dynamisme des villages montagnards desservis (Chaupré-Berki, 2021).

De ce fait, la vallée tend légèrement à perdre des habitant·es. Le centre ancien de Breil-sur-Roya se caractérise par exemple par un taux de vacances important et un bâti dégradé (Serre and De Salvia, 2022). Toutefois, cette perte concerne surtout les centres anciens, mais de nouveaux·elles habitant·es, à la recherche de modes de vie alternatifs, viennent s'installer dans la vallée, justement pour son caractère isolé.

Un territoire solidaire

Malgré cet enclavement, la vallée de la Roya a longtemps été un territoire disputé du fait de sa position géographique, au carrefour de plusieurs Etats, et de son altitude « *car elle est en effet un point stratégique des Alpes à absolument posséder pour dominer et conserver la domination* » (Chaupré-Berki, 2021). Ainsi la vallée a eu une histoire mouvementée. Sous domination génoise à partir de 1140, elle est cédée à la Provence en 1258 puis à la maison de Savoie en 1388 (comme le reste du comté de Nice), à l'exception de Tende qui n'est cédée au Duc de Savoie qu'en 1581. A partir de 1692, elle subit une alternance entre domination française et domination de la maison de Savoie au départ, puis du Royaume d'Italie à partir de 1861. Les frontières actuelles ne datent que du traité de paix signé le 10 février 1947 entre la France et l'Italie.

Cette position transfrontalière a entraîné de nombreuses migrations clandestines. Le phénomène commence en 1860, lorsqu'une nouvelle frontière est établie entre la France et l'Italie, séparant plusieurs villages où la circulation était auparavant libre. Au début des années 1920, des dizaines d'ouvrier·ères italien·nes passent chaque nuit la frontière pour venir travailler en France. Aujourd'hui, la Roya est toujours un lieu de passage des migrations clandestines de l'Italie vers la France. Toutefois, la frontière s'est fortement militarisée : les contrôles douaniers et policiers ont été renforcés en 2011 pour empêcher ces passages, puis une nouvelle fois en 2015 avec la crise des migrant·es et les attentats de novembre à Paris. Cela a mené à des mouvements de protestation et de solidarité en faveur des migrant·es des

deux côtés de la frontière. Des associations se sont créées pour accueillir les migrant·es qui parvenaient à passer à la frontière, leur fournir un refuge, des biens de première nécessité et une aide administrative (Chaupré-Berki, 2021).

Il existe ainsi un attachement fort au territoire⁶⁴ mais aussi une solidarité importante dans la vallée, avec un tissu associatif actif.

Un territoire peu préparé au risque d'inondation

Malgré cet attachement au territoire, qui entraîne une bonne connaissance des conditions climatiques et géographiques, et l'importante solidarité, qui permet de réagir en cas de crise, la vallée de la Roya n'était pas bien préparée à faire face au risque d'inondation.

D'abord en termes d'urbanisation. Eric Fouache et ses collègues mettent ainsi en avant une diminution de la vigilance face au risque de crue dans la vallée à partir du XXe siècle. Historiquement, la vallée s'est développée pour éviter les conséquences des crues : du Moyen-Age au XVIe siècle, le réseau de villages, de hameaux et de fermes isolées se développait autour de sites perchés défensifs et à l'abri des crues. L'unique voie de passage était un chemin muletier tracé en milieu de pente afin d'éviter au maximum de passer par le lit torrentiel de la Roya. En 1616, le « Grand chemin ducal », plus direct, est tracé le long de la Roya. La plupart des ponts actuels sont construits sur cette route, dans la mesure du possible en hauteur ou à un endroit large du lit en prévision des crues. Au début du XXe siècle, la route a ensuite été modernisée et les réseaux électriques et de fibres optiques ont été enterrés suivant ce tracé. Ainsi à partir du XXe siècle, les villages se sont progressivement développés le long de cette route, s'étalant progressivement sur le lit majeur de la Roya (Fouache et al., 2023).

De plus, le taux de vacances et la dégradation du bâti rendent le territoire plus fragile aux perturbations extérieures. A Breil-sur-Roya, le réseau de canalisations, mal conçu, avait des fuites sous la place centrale, ce qui a entraîné des gonflements du sol et donc une déstabilisation des fondations des bâtiments.

⁶⁴ Il peut exister des tensions entre les habitant·es « historiques », installé·es là depuis plusieurs générations, et les « nouveaux·elles habitant·es ». Ainsi à Breil-sur-Roya, des habitant·es installé·es ici depuis plus de trente ans ne sont pas considérés comme « des vrai·es Breillois·es », mêmes s'ils sont très bien intégré·es par ailleurs (source : discussion avec les habitant·es).

Ensuite en termes d'organisation. La vallée n'était pas identifiée comme un territoire à risque important d'inondation. Les PCS (plans communaux de sauvegarde) étaient peu détaillés et pas à jour. Par exemple, celui de Breil-sur-Roya avait été réalisé par la précédente équipe municipale. La zone inondable identifiée dans le DICRIM en date de 2019 est sous-estimée par rapport à la zone qui a été impactée. Breil-sur-Roya et Tende ont des plans de prévention des risques mouvements de terrain pour la première et mouvements de terrain et avalanches pour la seconde mais pas de plan de prévention des risques d'inondation (PPRI) (Tableau 26, p. 189).

Tableau 26 : Plans de prévention des risques dans les communes de la vallée de la Roya

	Inondations	Mouvements de terrain	Avalanches
Breil-sur-Roya		X	
Fontan		X	
Saorge	X	X	X
La Brigue	X	X	X
Tende		X	X

Le service de gestion des déchets dans la Roya

La gestion des déchets ménagers et assimilés est du ressort de la CARF, qui contractualise avec des prestataires pour l'ensemble des étapes de la gestion opérationnelle (collecte, stockage, tri, traitement). Du fait de la faible densité de population, il n'y a pas de collecte en porte-à-porte dans la vallée (contrairement à ce qui se fait sur la côte). Les habitant·es apportent leurs déchets dans des bornes d'apport volontaire (pour les ordures ménagères résiduelles, les emballages recyclables, le verre, les journaux et magazines) ou dans des déchetteries le cas échéant (encombrants, gravats, déchets verts, etc.). Les déchets sont ensuite envoyés dans les centres de traitement adéquats après regroupement sur le quai de transit. Ces centres sont tous situés en dehors du territoire de la CARF et n'ont pas été impactés par la tempête.

Il y a dix agent·es au service des déchets de la CARF : le·la cheffe de service, un·e secrétaire administratif·ve (facturation, etc.), un·e secrétaire pour le suivi opérationnel des marchés, deux pour la prévention et la sensibilisation des déchets, un·e sur le plan déchets, quatre agent·es de terrain et un·e agent·e pour les décharges sauvages. Les prestataires privés réalisent toutes les actions opérationnelles (collecte et transport des déchets, gestion des déchetteries, traitement des déchets, etc.). Les déchets des filières REP sont récupérés par des éco-organismes agréés.

Les activités économiques de la vallée de la Roya sont majoritairement de petites entreprises, donc la plupart des déchets d'activité économiques (DEA) sont des déchets ménagers et assimilés (DMA) gérés par la CARF. Les autres DEA sont les déchets de construction et de démolition (C&D), dont la gestion incombe directement aux entreprises du bâtiment qui les produisent, et les déchets médicaux, gérés par l'Agence Régionale de Santé (ARS).

Il n'y a pas d'installation de traitement sur le territoire de la CARF, la plupart des déchets sont envoyés dans l'agglomération voisine (agglomération niçoise). Il existe sept déchetteries et un site de massification (Figure 34, p. 190). L'unité départementale de la DREAL contrôle l'ensemble des installations de déchets (traitement et stockage).

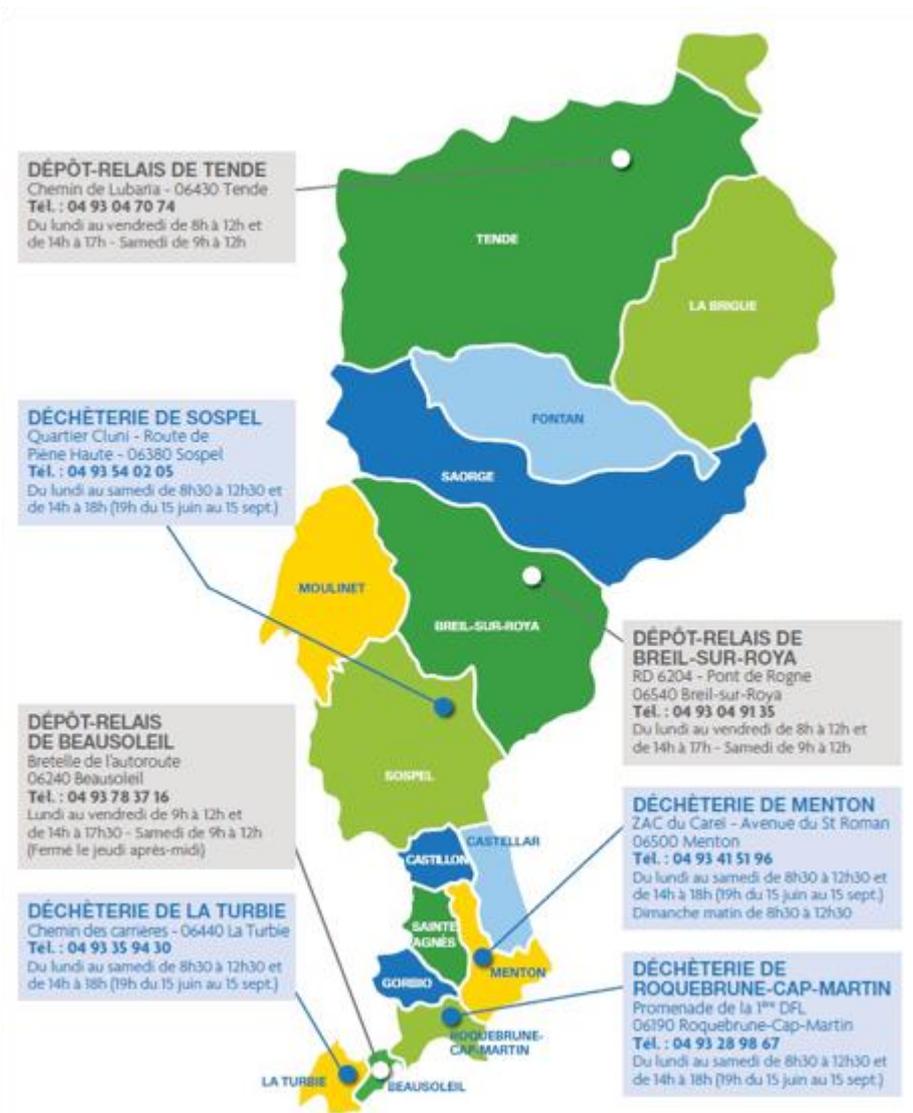


Figure 34 : Installations déchets sur le territoire de la CARF. (CARF, Rapport annuel 2019 sur le prix et la qualité du service public d'élimination des déchets)

La Métropole Nice Côte d'Azur (MNCA)

Notre analyse se concentrera sur la Roya, toutefois, nous jugeons utile de présenter rapidement l'agglomération voisine, la métropole de Nice Côte d'Azur (MNCA). En effet, elle a été fortement impactée par la tempête, et, étant située sur le même département que la Roya, un certain nombre d'acteurs (préfecture, DREAL, Région, etc.) interviennent sur les deux agglomérations. C'est également sur ce territoire que se situent, à part Menton, les communes du littoral qui ont reçu les déchets charriés par la tempête, notamment Nice et Saint-Laurent-du-Var. De plus, c'est le territoire sur lequel se situe la plupart des installations de traitement des déchets utilisées par la CARF.

550 498 personnes vivent dans les 49 communes de la MNCA, dont 4 694 sur le territoire le plus impacté par la tempête dans la vallée de la Vésubie : Belvédère, La Bollène Vésubie, Roquebillère, Saint-Martin de Vésubie, Venanson. La collecte des DMA, le contrôle des prestataires de traitement et la gestion des déchetteries sont assurées en régie. 81% des déchets produits sont traités sur le territoire (MNCA, 2020). Les infrastructures de traitement présentes sur le territoire (Figure 35, p. 192) accueillent également les déchets des territoires voisins, notamment du reste des Alpes-Maritimes et du Var.

A noter que la MNCA possède plus de moyens que la CARF et est plus habituée à gérer des crises de grande ampleur (inondations de 2015, attentats de Nice, etc.). Les routes ont également été moins impactées. Elle semble donc avoir eu moins de problème à réagir.



Figure 35 : Installations déchets sur le territoire de la MNCA (MNCA, 2020)

4.2.2. La tempête Alex : impact d'un phénomène météorologique extrême sur le système de gestion des déchets

Evènement météorologique et dommages

La tempête Alex a touché les Alpes Maritimes dans la nuit du vendredi 2 au samedi 3 octobre 2020. Cet évènement météorologique est exceptionnel, par sa date (tôt dans la saison) mais surtout par son ampleur : outre des vents violents, des cumuls de pluie exceptionnels, allant de 200 à 500 mm en 24 h ont été enregistrés⁶⁵ (Figure 36, p. 193). Ces précipitations équivalent à plus de deux mois de pluie d'octobre.

⁶⁵ <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/climat/tempete-alex-des-intemperies-exceptionnelles>



Figure 36 : Carte pluviométrique du cumul maximal de pluie sur 24 h entre le 1er et 3 octobre 2020 (Cerema)

Ces précipitations ont entraîné des crues torrentielles exceptionnelles dans les vallées de la Vésubie (affluent du Var), de la Roya et de la Tinée. Le niveau de la Vésubie est passé d'un mètre à 8,17 m à Utelle, celui de la Roya a atteint huit mètres à Vintimille, pour un seuil d'alerte à cinq mètres (débit estimé à 800 m³/s) et le débit de la Tinée est passé de presque zéro à 938 m³/s à la station de Tournefort-le-Vieux (CGEDD, 2021).

Ces crues ont créé des dégâts d'une ampleur inédite. Les dégâts sur les infrastructures ont notamment été considérés comme les plus importants en France métropolitaine depuis la seconde guerre mondiale.

Le bilan humain s'élève à dix victimes et huit disparus. Des cimetières ont été emportés⁶⁶ ce qui a compliqué la recherche et l'identification des corps.

Au niveau matériel, l'essentiel des dégâts se sont concentrés dans les vallées de la Roya, sur le territoire de la CARF, de la Vésubie et, dans une moindre mesure, de la Tinée, sur le territoire de MNCA. Le littoral n'a pas été touché directement, mais de nombreux déchets (notamment

⁶⁶ A noté que nous n'avons pas considéré les « déchets » produits par les cimetières emportés. Du fait de la grande spécificité de ce phénomène, ces cimetières ont bénéficié d'une attention accrue de la préfecture. Il n'implique pas les acteurs habituels de la gestion des déchets.

du bois flotté) y ont été charriés par les rivières (Figure 40, p. 197). Les territoires impactés sont des territoires montagneux, dans des vallées encaissées, faiblement peuplés. Les villages sont peu denses.

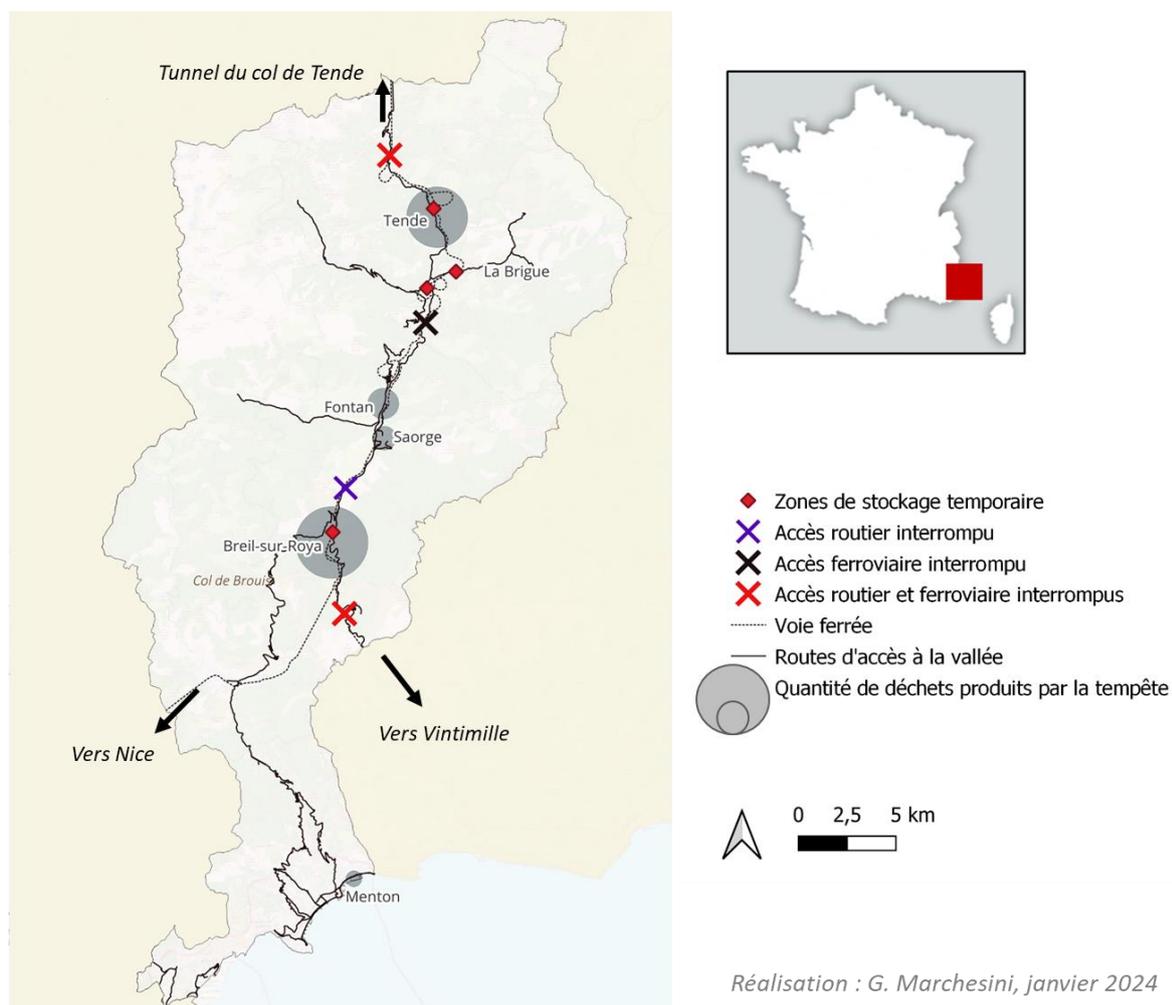


Figure 37 : Carte des principaux impacts dans la vallée de la Roya

Fin juin 2021, la DDTM estimait qu'une soixantaine d'ouvrages d'art étaient endommagés ou détruits. Notamment, 20 ponts (huit sur le territoire de la MNCA et 12 dans la vallée de la Roya) et le tunnel de Tende ont été détruits. 35 km de route dans la Roya et 25 km dans la Vésubie ont été rendus impraticables, coupant l'accès à certains territoires. La ligne de train entre Nice-Tende a été très fortement endommagée : la circulation a été dans un premier temps très ralentie entre Breil-sur-Roya et Saint-Dalmas-de-Tende, et impossible plus haut, avant d'être entièrement interrompue pour réaliser des travaux de remise en état. Les villages de Tende et de la Brigue, en haut de la vallée de la Roya, sont ainsi restés isolés plusieurs mois.

Au niveau bâtiminaire, la commune ayant subi le plus de dégâts est Saint-Martin-de-Vesubie (Figure 38, p. 196), suivie des communes de Breil-sur-Roya (Figure 39, p. 196) et de Tende. En tout, 420 habitations ont été endommagées. Enfin, outre les voiries, 200 km de réseaux divers (électricité, eau, communication) ont été détruits.

Dans la vallée de la Roya, cinq communes ont été fortement impactées par la tempête Alex, soit directement, soit par coupure des axes de communication : Breil-sur-Roya, Fontan, la Brigue, Saorge et Tende (voir localisation Figure 37, p. 194). Après les premières évaluations d'urgence réalisées par la cellule bâtiminaire de la préfecture⁶⁷, 37 bâtiments avaient été complètement détruits à Breil-sur-Roya, 24 à Tende, trois à Fontan et un à Saorge. Un certain nombre de bâtiments avaient subi de lourds dégâts nécessitant une interdiction d'accès (66 à Tende, 31 à Breil-sur-Roya, quatre à Fontan et deux à Saorge) ou des dégâts variables nécessitant une interdiction de séjour (28 à Breil-sur-Roya, 24 à Tende, 14 à Fontan et 14 à Saorge) (DDTM 06, 2021).

Le Tableau 27 (p. 195) synthétise ces informations.

Tableau 27 : Ampleur des dégâts bâtiminaires et accessibilité dans les communes de la Roya après la tempête Alex

Commune	Ampleur des dégâts	Accessibilité
Breil-sur-Roya	Fort	Moyenne (coupure de la route principale mais accessibilité par le col de Brouis)
Saorge	Moyen	Faible (Route coupée, train circulant difficilement)
Fontan	Moyen	Faible (Route coupée, train circulant difficilement)
La Brigue	Nul	Très faible (Route coupée, train jusqu'à Saint-Dalmas-de-Tende)
Tende	Fort	Très faible (Route coupée, train jusqu'à Saint-Dalmas-de-Tende)

⁶⁷ La préfecture a demandé à la DDTM de mettre en place une cellule bâtiminaire d'urgence. Des binômes composés d'un-e pompier-ère et d'un-e ingénieur-e ou architecte bénévole se rendaient dans les communes impactées pour expertiser « à l'œil » les bâtiments pour déterminer s'ils étaient accessibles ou pas. Ces évaluations devaient permettre d'éviter les sur-accidents en attendant des expertises plus poussées (source : entretien DDTM, mars 2022).



Figure 38 : Dégâts à Saint-Martin de Vésubie, 10 mois après la tempête (photos personnelles, juillet 2021)



Figure 39 : Dégâts à Breil-sur-Roya au lendemain de la tempête. Crédits photos : Patricia Ballandier. Octobre 2020



Figure 40 : Après la tempête Alex à Saint-Laurent-du-Var le 4 octobre 2020. (VALERY HACHE / AFP)

Impact sur le système de gestion des déchets

La tempête Alex a donc produit de grandes quantités de déchets : la CARF a collecté l'équivalent d'environ un an et quatre mois d'encombrants en conditions normales, 4000 tonnes de bois flottés ont été charriées sur les plages et nous estimons autour de sept mégatonnes les quantités de déchets du BTP produites par la destruction des routes et des habitations dans la Roya (voir estimation des quantités de déchets en annexe 3, p. 346).

Cette production de déchets, couplée aux difficultés de circulation, a grandement perturbé le système de gestion des déchets. Les premières interventions ont été réalisées par les acteurs de la gestion de crise (armée, Force 06, SDIS, etc.) qui ont déblayé les routes et commencé à nettoyer le territoire impacté avec des moyens lourds.

Au lendemain de la catastrophe, le service environnement et gestion des déchets de la CARF, responsable de la gestion des DMA, ne pensait pas être mobilisé. La catastrophe a eu lieu dans la nuit du vendredi au samedi. Dès le samedi, le service eau et assainissement était mobilisé car de nombreuses canalisations avaient été emportées. En revanche, le service déchets a mis plus de temps à réagir. La responsable déchet, non mobilisée dans les premières 48h, a ainsi ouvert le centre de réception des dons de la ville de Menton le dimanche. Elle a constaté les dégâts en montant à Breil-sur-Roya le lundi pour vérifier comment allait un de ses agents qui avait perdu sa maison.

Après quoi, le nettoyage des bâtiments détruits mais non emportés par l'inondation a débuté. Ces nettoyages ont été réalisés par les habitant·es, des bénévoles ainsi que de nombreuses associations créées après la tempête pour venir en aide aux sinistré·es : *Aide aux Sinistrés, les Week-ends solidaires, mission trekkeurs, les demoiselles de vallées, save the river* (Cyprien et al., 2022)

A Breil-sur-Roya, des bennes « tout venant » ont été installées par la CARF et son prestataire Veolia. De nombreuses rotations de camions ont été effectuées les premières semaines. Il a également fallu organiser la collecte des déchets dans les quatre autres communes, non accessibles par la route. Entre Saint-Dalmas de Tende (commune de Tende) et Fontan, les déchets ont pu être descendus par train, les services communaux organisant la collecte jusqu'à la gare. A Saorge, la route a rouvert au bout d'une semaine, les habitant·es amenaient leurs poubelles jusqu'à un croisement accessible en camion-benne. Une base logistique a été montée à la gare de Breil-sur-Roya, par laquelle transitaient tous les flux matériels vers et depuis le haut de la vallée, y compris de déchets.

Après Saint-Dalmas de Tende, la ligne de train était détruite. Les déchets de Tende et la Brigue ont donc été stockés temporairement dans des sites identifiés à cette occasion (voir Figure 37, p. 194). Ceux de Tende ont été descendus en hélicoptère sur demande du maire, ceux de la Brigue sont restés là jusqu'à la réouverture des routes, ne présentant pas de risques sanitaires du fait des faibles températures. Avec l'avancée des travaux de reconstruction, les collectes par la route ont progressivement pu reprendre, tout en étant soumises aux restrictions de circulation dues aux travaux (passages exclusivement par convois, un le matin un le soir, qui obligeaient les éboueur·euses à rester sur place toute la journée).

Parallèlement, le SMIAGE⁶⁸ a nettoyé les embâcles pour éviter une sur-inondation, puis les déchets non inertes présentant des dangers pour l'environnement. Des activités de nettoyage plus ponctuelles ont ensuite été ajoutées à leurs activités de routine. Des journées de nettoyages citoyennes ont été organisées. Les gestionnaires de rivières (SMIAGE et CARF-GEMAPI) interrogés estiment d'ailleurs que sans ces interventions citoyennes, le nettoyage

⁶⁸ Le SMIAGE est le Syndicat Mixte pour les Inondations, l'Aménagement et la Gestion de l'Eau maralpin. « [Il] apporte l'expertise technique et opérationnelle nécessaire à la réalisation des projets du grand cycle de l'eau sur le territoire maralpin en mutualisant les compétences et les moyens » (<https://www.smiage.fr/qui-sommes-nous/>). Il est responsable de la gestion des rivières, en collaboration avec les services GEMAPI des EPCI, sur tout le territoire des Alpes-Maritimes et dix EPCI jouxtant le département.

des déchets aurait été impossible. Les entreprises chargées de la reconstruction de la route (qui jouxte la rivière) réalisaient également des nettoyages sur leurs zones de chantier : elles profitaient de la présence d'engins adaptés pour ramasser les déchets présents dans la rivière (roues de voitures, tuyau en plastique, ferrailage, etc.). Ces déchets étaient soit amenés en déchetterie soit récupérés par leurs prestataires.

Sur le littoral, un important dispositif a également été mis en place. A Nice, la marine a été mobilisée pour ramener à terre des plaques de déchets flottants. A Menton, l'ONF est intervenu pour broyer le bois (à l'exclusion des racines prises dans des rochers qu'il fallait d'abord séparer), puis l'envoyer à son prestataire habituel. A Saint-Laurent-du-Var, des centaines de bénévoles, ainsi que les tronçonneuses de Nice et les forestier·ères sapeur·es sont venues pour nettoyer les plages. Les personnels habilités découpaient le gros bois, les bénévoles ramassaient les plastiques et autres déchets entremêlés. Les souvenirs personnels ont été triés par les bénévoles et stockés dans un local de la mairie. Une association a pris des photos pour les mettre sur internet pour que les gens puissent retrouver leurs affaires. La coordination était assurée par les services techniques de la mairie.

Sur du plus long terme, lors de la phase de recouvrement, le système s'est peu à peu « stabilisé » : la collecte des déchets ménagers a repris sur tout le territoire, les déchetteries ont rouvert, les DASRI ont de nouveau suivi le circuit de collecte habituel, etc. Plusieurs actions se sont prolongées :

- Des journées de nettoyages bénévoles (des rivières ou des propriétés privées) et de chantiers solidaires⁶⁹ ont régulièrement lieu. La coordination avec la CARF s'est améliorée au fil du temps : au début, les bénévoles nettoyaient puis appelaient la CARF pour qu'elle vienne chercher les déchets, ce qui était souvent compliqué faute d'accessibilité ou de moyen disponible. Les déchets rassemblés n'étaient généralement pas triés. Désormais, les actions sont mieux organisées : des bennes sont mises à disposition lors des journées de nettoyage citoyennes, les déchets sont triés, les déchetteries peuvent être ouvertes à la demande les week-ends lors des chantiers solidaires, etc.

⁶⁹ L'association les Week-end solidaires organise ainsi des chantiers solidaires tous les week-ends (en alternant entre les vallées de la Roya et de la Vésubie) : des bénévoles se réunissent pour faire des travaux de reconstruction chez des habitant·es sinistré·es.

- Des journées de nettoyages ponctuelles des rivières par le SMIAGE, notamment pour l'enlèvement des épaves. La difficulté a été le financement de ces opérations. Les premières opérations d'enlèvement des embâcles et des épaves ont été financées par un budget exceptionnel post-tempête mais les opérations de nettoyage suivantes ont dû être intégrées aux opérations de routine.

Enfin, tous les déchets inertes issus de la destruction des routes et des ouvrages d'art ont été concassés sur place (après retrait du ferrailage, repris par Ruvalor) et utilisés en remblais pour la reconstruction de la route. Les dépôts des rivières ont également été criblés pour servir de remblais. Outre les avantages environnementaux liés à la réutilisation des matériaux, cette réutilisation in-situ a permis de participer au nettoyage du territoire et d'éviter les aller-retours de camions depuis les carrières dans un territoire difficile d'accès.

La Figure 41 (p. 201) résume les étapes de la gestion des déchets post-Alex dans la Roya. Les éléments de temps sont donnés principalement par rapport aux faits rapportés dans les entretiens, compte tenu de l'écart temporel entre la tempête et les entretiens, il est possible que certains temps soient inexacts, mais l'agencement des étapes reste cohérent. Certains éléments ont été complétés par des dates trouvées dans les retours d'expérience de la préfecture (ouverture et fermeture de la ligne de train, des routes) ou des articles de presse (ouvertures et fermetures des routes, campagnes d'hélicoptèreillage des déchets). Nous avons également tenté de replacer nos temporalités de la gestion de crise (§ 3.1.2), toutefois elles ne sont pas aussi nettes dans la réalité qu'en théorie. Elles peuvent en particulier varier en fonction du lieu : ainsi le nettoyage des places de Saint-Laurent-du-Var commence en phase d'urgence, bien qu'on puisse arguer que cela n'était pas vraiment une mesure d'urgence ; la reprise de la collecte des déchets ménagers « en mode dégradé » par hélicoptèreillage, puis convois à Tende et la Brigade dépasse sur la phase de recouvrement alors qu'à l'inverse la reprise des collectes « normales » à Breil-sur-Roya commence en phase de relèvement.

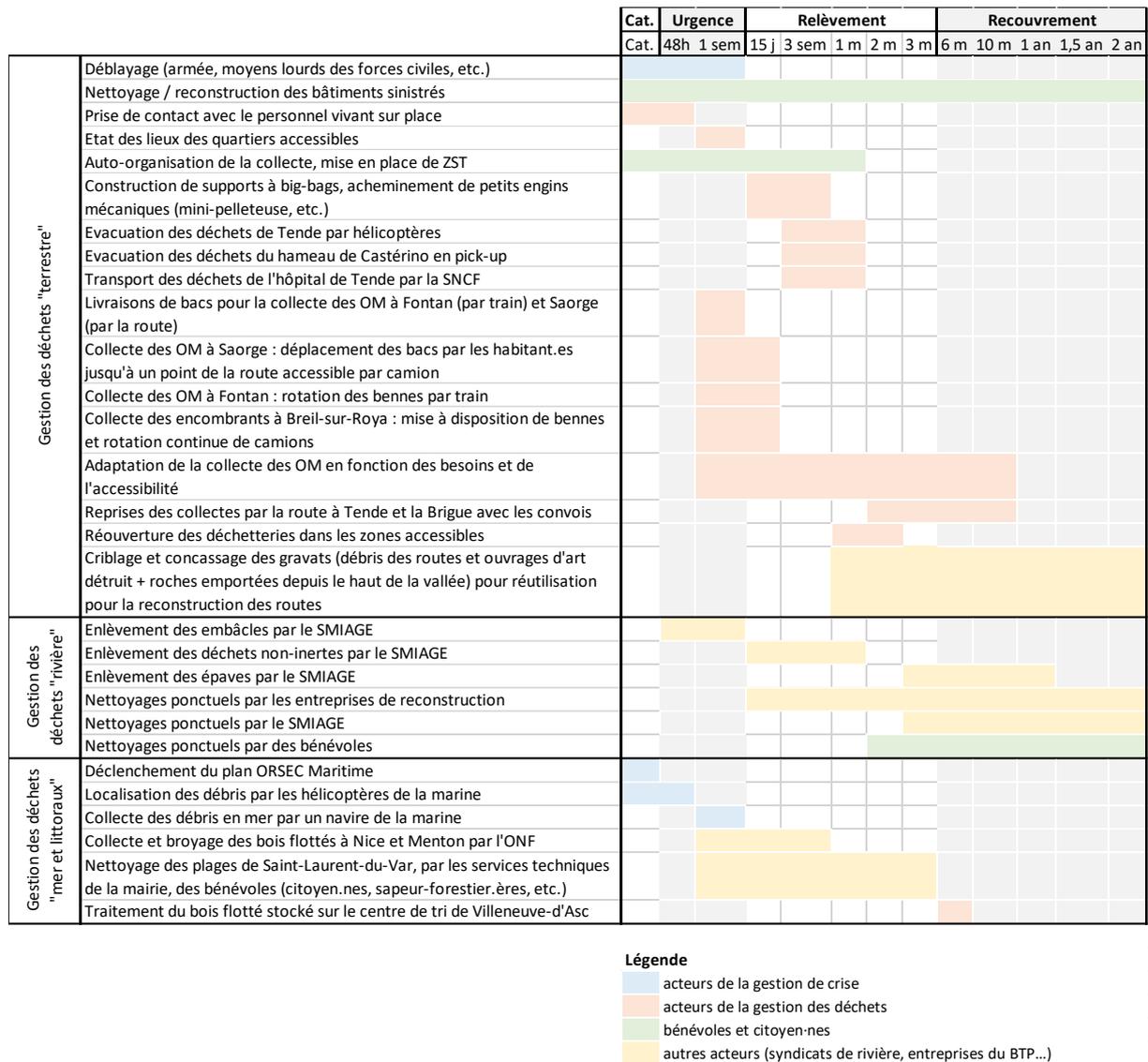


Figure 41 : Chronologie de la gestion des déchets après la tempête Alex

Résumé de l'évènement avec les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe

Comme indiqué au chapitre précédent, il convient de synthétiser la catastrophe et ses effets en termes de déchets via les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe (Tableau 28, p. 202). Cela permet de se situer par rapport à d'autres catastrophes, mais aussi de mieux comprendre les impacts sur le système de gestion de déchets.

Bien que semi-quantitatifs seulement, le calcul des indicateurs n'est pas toujours évident. Outre les difficultés pour quantifier les déchets (voir les estimations en annexe), les indicateurs pour les risques sanitaires et environnementaux ont été estimés approximativement faute de données précises existantes.

Tableau 28 : Indicateurs des impacts de la catastrophe et des déchets post-catastrophe pour le cas d'étude.

NB : Les indicateurs des impacts de la catastrophe sont donnés pour toute la zone impactée en France. Les indicateurs des déchets pour la vallée de la Roya seulement.

Indicateurs	Mesure	Caractéristiques	Détails sur le cas d'étude
Indicateurs des impacts de la catastrophe (Brown, 2012)			
Echelle générale de la catastrophe	Moyen	Dommages modérés, éventuels décès. Ressources régionales requises. Temps de récupération projeté : 2 à 5 ans.	Des moyens nationaux ont été nécessaires (intervention de l'armée) mais le temps de recouvrement restera probablement inférieur à 5 ans.
Nombre de personnes déplacées	Moyen	Déplacement de 1 à 20 % de la population dans la zone touchée, une partie ou toute ayant l'intention de retourner dans la zone.	1260 personnes ont transité par une structure d'accueil ou d'hébergement d'urgence, soit environ 10% de la population des communes impactées. Ce chiffre monte à 20% dans les villages les plus difficiles d'accès.
Etendu géographique	Moyen-Elevé	Moyen : Zone régionale de l'impact. Accès partiel ou limité vers et depuis les zones touchées. Élevé : Vaste zone d'impact, dans plusieurs régions. Accès difficile vers et depuis la zone touchée.	L'impact physique de la catastrophe était départemental mais l'accès à la zone était très difficile.
Durée de la catastrophe	Faible	Évènements ponctuels avec des effets à court terme : jusqu'à une semaine	Crue d'une nuit
Perturbation du réseau routier	Elevé	Les réseaux routiers sont perturbés plus d'un mois. Les autorités exigent un mouvement de circulation minimal.	Les villages du haut de la vallée ont été inaccessibles pendant plusieurs mois, puis les autorisations de circulation ont été très réduites.
Indicateurs des déchets post-catastrophe (Brown, 2012)			
Volume de déchets	Faible	Les déchets générés équivalent à 1 à 2 ans de production annuelle de déchets.	Calcul effectué uniquement sur les déchets collectés par les autorités locales des déchets (i.e. les DMA mais pas les déchets du BTP) ⁷⁰
Risque sanitaire	Faible-Moyen (?)	Faible : le danger représente une menace faible et	Risque de pollution de la rivière qui sert de source

⁷⁰ Voir la quantification des déchets en Annexe 3, p. 332.

		chronique. Moyen : Le danger représente une menace chronique mineure aiguë ou grave.	d'eau potable. Les autres risques sanitaires (odeur, humidité...) étaient assez faibles car il faisait froid.
Risque environnementaux	Faible-Moyen (?)	Faible : le danger représente une menace faible et chronique. Moyen : Le danger représente une menace chronique mineure aiguë ou grave.	Risque de pollution des milieux aquatiques (rivière et mer).
Déplacement des déchets	Elevé	Importants transports de déchets au-delà des limites des propriétés	La crue a transporté les déchets jusqu'à la mer, en passant par plusieurs communes, y compris en Italie.
Difficulté de gestion des déchets	Elevé	Les déchets sont difficiles et dangereux à gérer. Des compétences et du matériel spécialisés sont nécessaires.	Équipements spéciaux requis : hélicoptères, bateaux, camionnettes, concasseurs, broyeurs, etc.
Indicateurs des capacités de gestion des déchets			
Dommages sur les installations de collecte et massification	Faible	Les installations de collecte et de massification de déchets du territoire ne sont pas ou peu impactées.	Dommages légers sur une déchetterie, autre déchetterie inaccessible au début, mais réouverture rapide en début de relèvement.
Dommages sur les installations de traitement	Faible	Les installations de traitement de déchets du territoire ne sont pas ou peu impactées.	Aucun impact sur les installations de traitement

Ainsi, si les impacts de la catastrophe sont globalement « moyens » et la production de déchets ménagers finalement assez faible, la perturbation du réseau routier était très importante ce qui a posé de nombreux problèmes (pour la gestion des déchets pour notre part, mais pour tous les éléments de la gestion de crise de manière générale). De même le déplacement des déchets et leur éparpillement était très important. Ces deux éléments ont fortement contribué aux difficultés de gestion rencontrées et aux besoins de moyens de collecte spéciaux.

4.2.3. Sélection des filières de gestion des déchets les plus impactées

La deuxième étape de la méthode consiste à délimiter les filières étudiées. Pour cela, nous avons commencé par identifier les gisements présents après la catastrophe.

Identification des gisements

Le Tableau 29 (p. 204) recense les déchets mentionnés dans les entretiens post-Alex, leur localisation, et le traitement utilisé.

Tableau 29 : Déchets post-Alex mentionnés dans les entretiens

DSE	Type	Déchets	Localisation	Traitement post-Alex
Déchets produit par la tempête	Déchets issus du milieu naturel	Roches	Villages impactés, rivière	Concassage pour remblais
		Terre, boue, sable	Villages impactés	Evacuation par l'armée, remblais
		Bois flotté	Littoral	Découpage pour bois de chauffage
		Embâcles, troncs d'arbres	Rivière	Découpés et laissés sur place
	DMA	Encombrants : meubles, baignoire, DEEE, kitesurf	Villages impactés, rivière	Incinération (pas de tri)
		"Faux encombrants des ménages" : transats de la piscine municipale de Breil, lits de l'hôpital	Villages impactés	Incinération (pas de tri)
		Plastiques, petits flottants ⁷¹ , tissus	Villages impactés, rivière	Incinération (si ramassés)
	VHU	Voitures, épaves, bétonnière	Villages impactés, rivière	Découpage, enlèvement de la rivière par hélicoptère, évacuation par tombereau, reconnaissance par la gendarmerie, transport par les assurances
		Roues de voitures	Rivière	Déchetterie
	BTP	Béton, gravats	Rivière	Concassage pour remblais
		Ferraille	Rivière	Récupération par sociétés spécialisées pour recyclage
		Divers BTP : tuyau en plastique, morceaux de carrelage, poutres, câbles électriques, fenêtre, portes, isolants (polystyrène, polyuréthane), tôle, déchets amiantés	Villages impactés, rivière	Récupération par sociétés spécialisées pour recyclage, incinération

⁷¹ Les déchets « flottants » sont des marchandises légères telles que stylos, bouteilles... qui flottent à la surface de la rivière.

		Mobilier urbain : tuyaux d'approvisionnement en eau potable, candélabre, pylônes électriques, câbles électriques	Villages impactés, rivière	Récupération par sociétés spécialisées pour recyclage, incinération
	DD	Cuve d'hydrogène	Rivière	Récupération par société spécialisée pour traitement
Déchets de la continuité d'activité	OM	Ordures ménagères (générés par les habitant·es resté·es dans les vallées)	Villages impactés	Incinération (pas de tri)
	DD	Bombonnes de gaz (chauffage, O2 pour l'hôpital)	Villages impactés	Récupération par le vendeur, mais transport par la SNCF
		DASRI (essentiellement des déchets de l'hôpital de Tende)	Villages impactés	Incinération (filiale habituelle) mais transport par la SNCF
Déchets de la gestion de crise	OM	Textiles issus des dons	Villages impactés	Récupération par le prestataire habituel
		Palettes de bouteilles d'eau	Villages impactés	Incinération (pas de tri)
		Cartons dons et ravitaillement	Villages impactés	Incinération (pas de tri), brûlage à l'air libre sur place dans les communes isolées (estimation : 50 à 60 % des quantités)

Sélection des filières

Comme indiqué précédemment (chapitre 3, § 3.3.1), nous définirons des filières par flux. Il convient donc de sélectionner les flux de déchets à étudier. Les filières représentées sont listées dans le Tableau 30 (p. 206). Nous avons sélectionné les filières avec de fortes productions de déchets par la tempête, ou dont la gestion a été très impactée.

Considérant les déchets générés après la tempête Alex et leur gestion, l'analyse fonctionnelle sera séparée en deux : 1) l'organisation de la gestion des déchets produits par la tempête ; et 2) l'organisation de la gestion des déchets produits par la gestion de crise et des déchets de la continuité d'activité. En effet, ces deux types de déchets ont suivi les mêmes trajets de collecte.

Tableau 30 : Filières déchets sélectionnées pour l'étude

Déchets post-catastrophe	Filières (niveau 1)	Sous-filières (niveau 2)
Déchets produits par la catastrophe	0. DMA en mélange	<i>NB : ce flux, et donc cette filière, n'existe pas pré-catastrophe</i>
	1. DMA tout flux (séparés)	a. OMR b. Recyclables (emballages cartons, plastique, verre, etc.) c. Encombrants (DEEE, meubles, etc.) d. Déchets verts
	2. Déchets du BTP	e. Inertes f. Non inertes <i>NB : y compris mobilier urbain</i>
	3. Véhicules hors d'usage (VHU)	
Déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité	0. DMA en mélange	<i>NB : ce flux, et donc cette filière, n'existe pas pré-catastrophe. Nous avons choisi de le séparer des OMR car 1) il n'y a pas eu de tri à la source (donc pas d'ordure « résiduelle ») et 2) le gisement est très différent des OMR habituelles, puisqu'il inclut des gravats, des DEEE, des encombrants, etc.</i>
	1. DMA tout flux (séparés)	a. OMR b. Recyclables (emballages cartons, plastique, verre, etc.) g. Textiles (vêtements)
	4. DASRI	<i>NB : on étudie seulement ici les déchets de l'hôpital de Tende, les autres n'ayant pas posé problème.</i>

4.3. Analyse systémique de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya après la tempête Alex

4.3.1. Déchets produits par la catastrophe

Choix de modélisation

Pour commencer, notons que, vu la soudaineté de l'évènement, il n'y a pas eu de phase de pré-catastrophe (pour les deux catégories de déchets).

Les schémas concernent toutes les communes de la Roya plus le littoral mentonnais.

Comme déjà mentionné, il n’y a pas eu d’impact direct sur les installations de traitement, aucune n’étant située dans la zone impactée. De ce fait, nous n’avons pas détaillé le parcours de traitement une fois les déchets collectés. Nous avons seulement précisé lorsque les déchets étaient directement incinérés ou enfouis après la tempête, car il y a alors un changement dans le mode de traitement.

Afin de simplifier la lecture, les agents de nettoyage ont été regroupés selon l’élément qu’ils contribuaient majoritairement à nettoyer (milieu urbain, milieu naturel, habitations des sinistré-es).

Bloc-diagrammes fonctionnels

NB : les tableaux d’analyse sont en annexe 1 (p. 334)

Les figures 43 (p. 208) à 47 (p. 212) présentent les bloc-diagrammes fonctionnels pour les déchets produits par la catastrophe. La Figure 42 (p. 207) présente la légende des schémas (y compris pour les déchets de la gestion de crise et de la continuité d’activité).

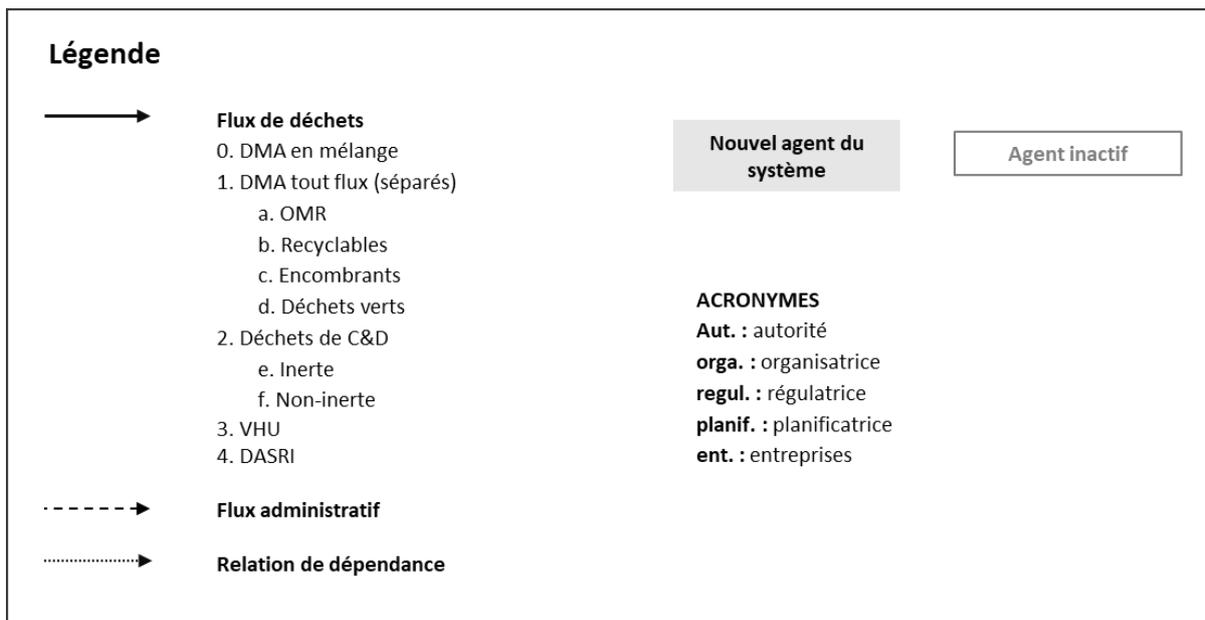


Figure 42 : Légende pour tous les schémas fonctionnels

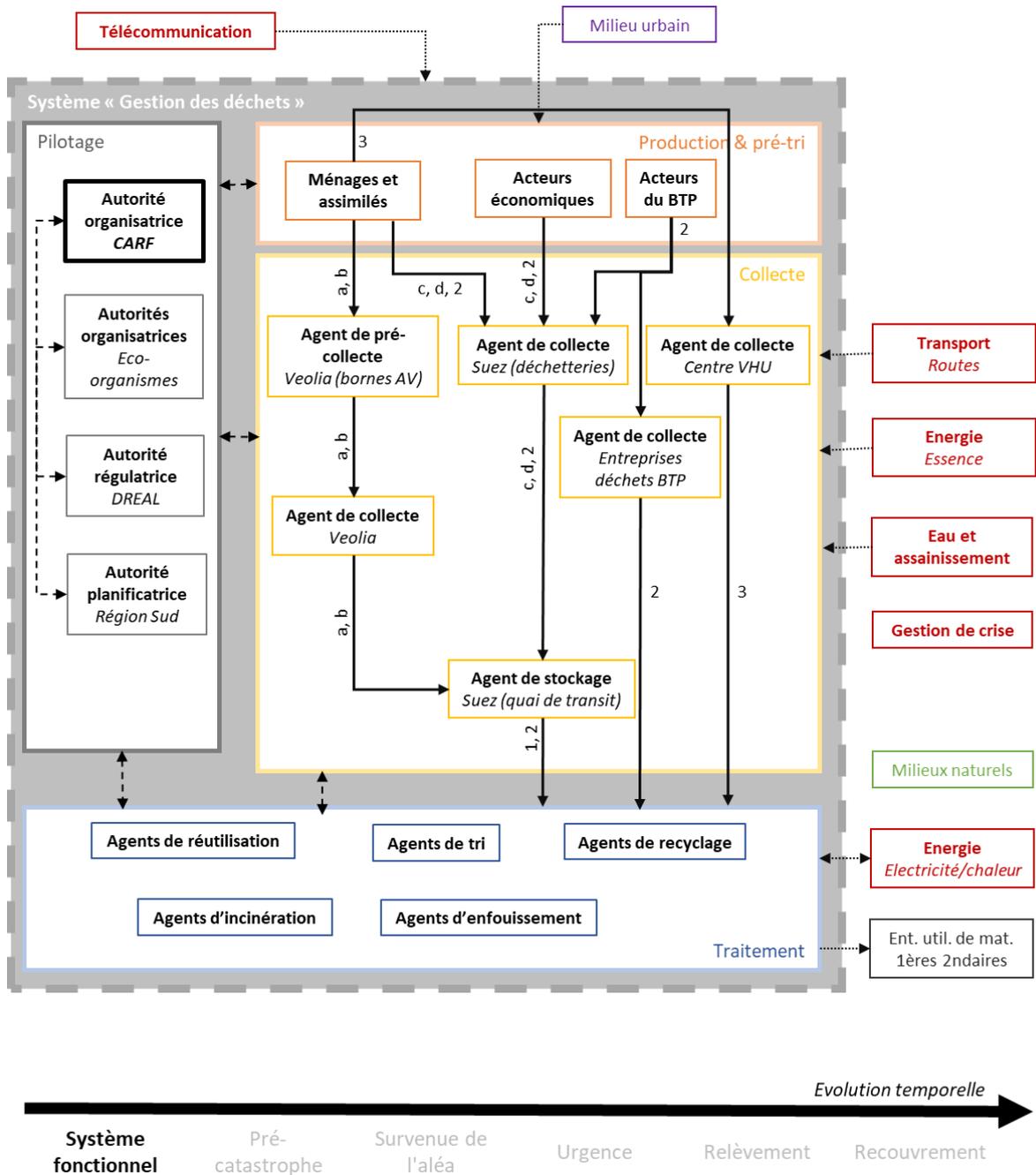


Figure 43 : Bloc-diagramme fonctionnel 1 pour l'étude des déchets produits par la catastrophe. Le système fonctionnel

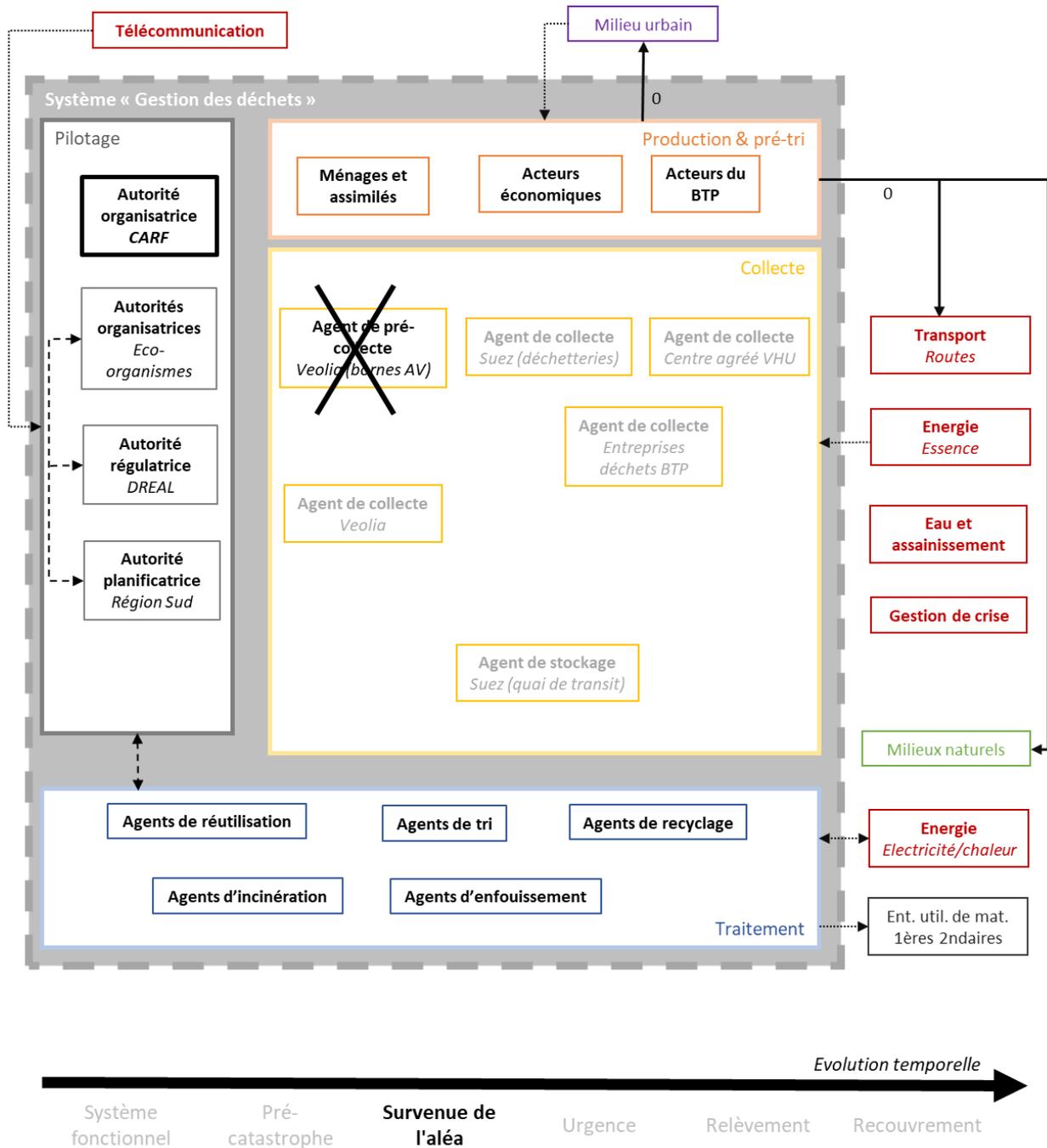


Figure 44 : Bloc-diagramme fonctionnel 2 pour l'étude des déchets produits par la catastrophe. Survenue de l'aléa.

NB : l'agent de pré-collecte est barré car il est détruit (à l'inverse des éléments grisés qui sont seulement non-fonctionnels).

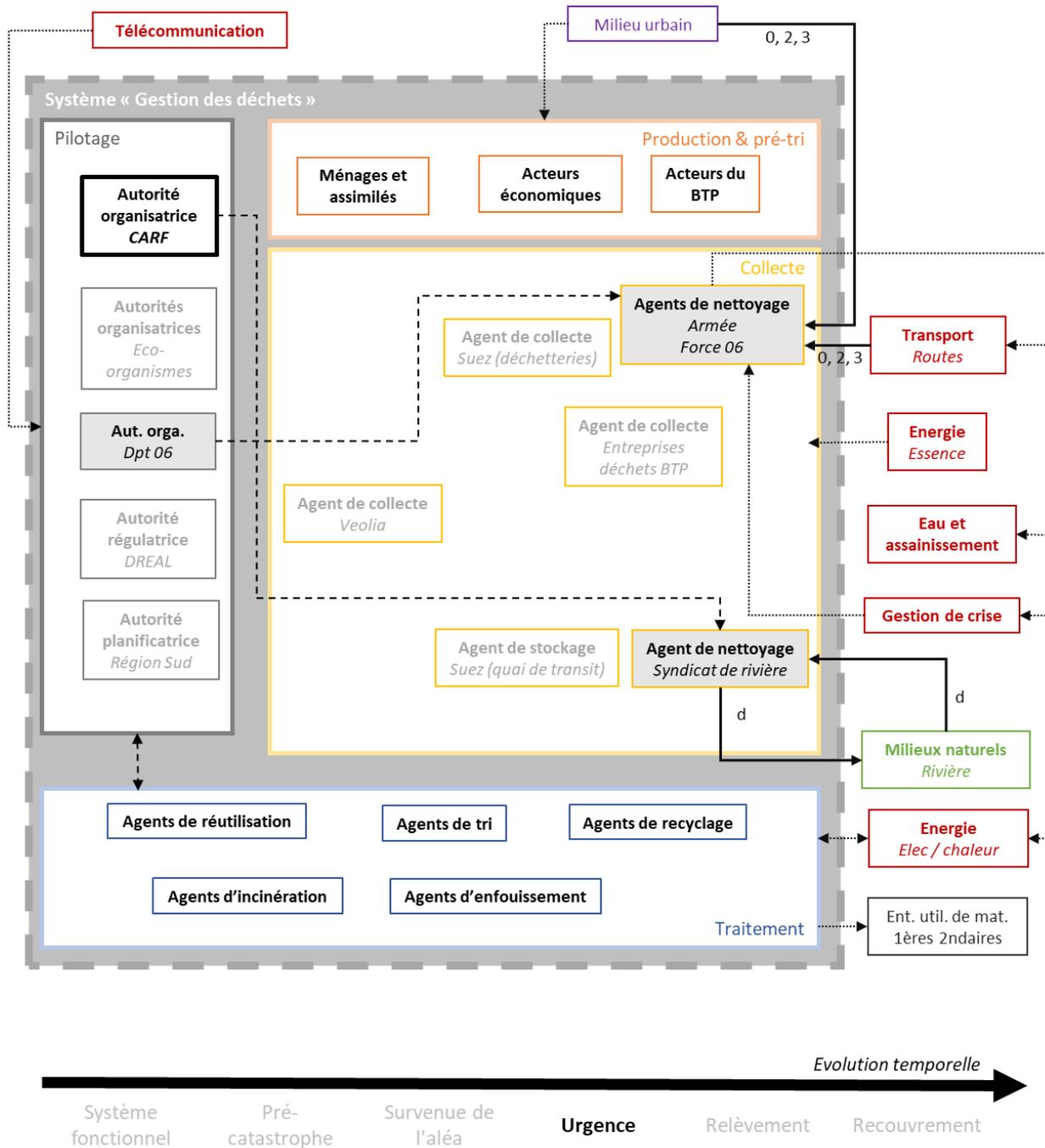


Figure 45 : Bloc-diagramme fonctionnel 3 pour l'étude des déchets produits par la catastrophe. Urgence.

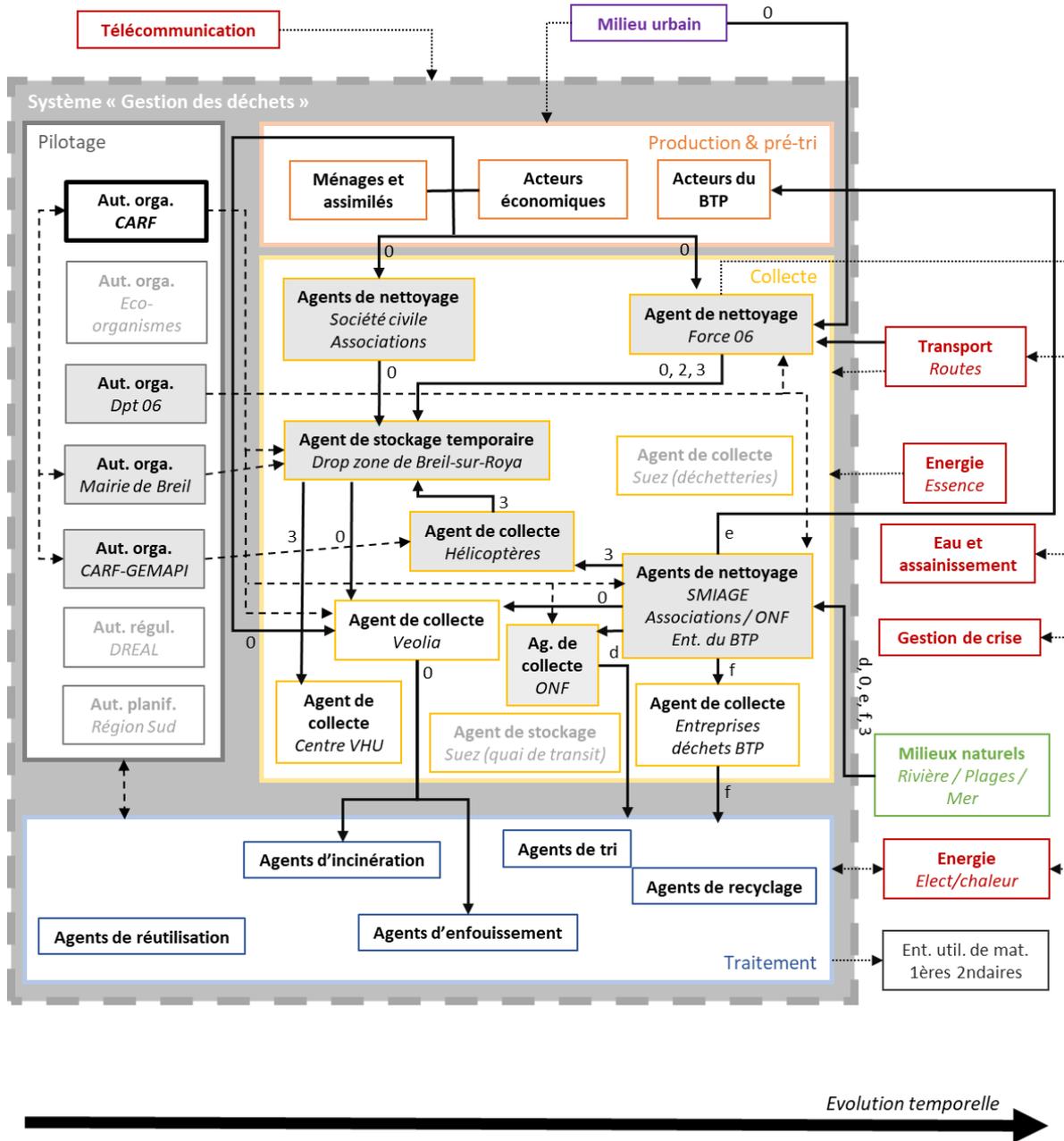


Figure 46 : Bloc-diagramme fonctionnel 4 pour l'étude des déchets produits par la catastrophe. Relèvement

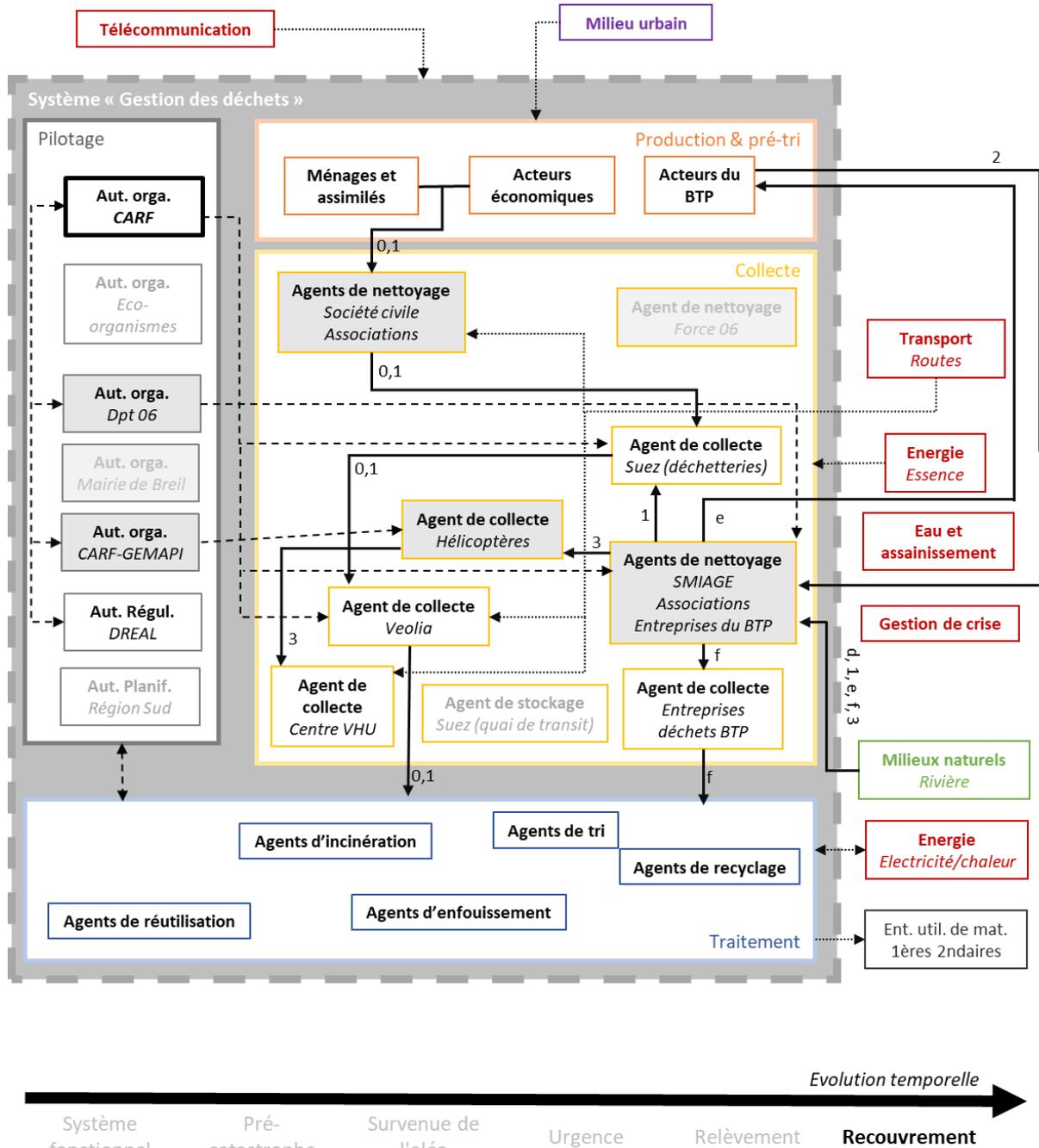


Figure 47 : Bloc-diagramme fonctionnel 5 pour l'étude des déchets produits par la catastrophe. Recouvrement.

4.3.2. Déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité

Choix de modélisation

Comme pour les déchets produits par la catastrophe, il n'y a pas de phase de pré-catastrophe. La question de l'urgence est plus floue. Il n'y a pas eu à proprement parler d'actions « urgentes » vis-à-vis de la gestion des déchets, comme on peut le voir dans l'analyse précédente avec le déblayage des routes et l'enlèvement des embâcles. En revanche, il y a eu

des livraisons d'eau et de nourriture qui ont produit des déchets. Ces déchets ayant pu être conservés quelques jours chez les habitant-es sans intervention extérieure, nous avons choisi de ne pas représenter la phase d'urgence.

Nous avons également choisi de ne pas faire commencer la phase de recouvrement au moment de la réouverture de la route. En effet, les possibilités encore très limitées de circulation à ce moment-là ont entraîné des contraintes très fortes pour la collecte des déchets. De ce fait, la phase de relèvement est séparée en deux : avant et après la réouverture de la route. A noter que les schémas pour la phase fonctionnelle et la phase de recouvrement sont les mêmes, les déchets suivant le même trajet. Toutefois, il y a des différences sur l'organisation des collectes qui apparaissent dans le tableau d'analyse (en annexe).

Les schémas concernent toutes les communes de la Roya. Les différences de trajets des flux de déchets par communes n'apparaissent pas. Par exemple, lors de la phase de relèvement 1 (Figure 50, p. 216), les déchets sont soit collectés directement par Veolia (Breil-sur-Roya, Saorge), soit apportés par les habitant-es ou les services techniques des mairies dans une zone de stockage temporaire avant d'être transportés par train (Fontan)⁷² ou par hélicoptère (Tende) jusqu'à la *drop zone* de Breil-sur-Roya depuis laquelle ils sont évacués par camions en jusqu'aux installations de traitement. Dernière option, les déchets restent dans la zone de stockage temporaire jusqu'à réouverture des routes, en phase de relèvement 2 (la Brigue, les déchets de Tende produits après les dernières évacuations par hélicoptères).

Bloc-diagrammes fonctionnels

Les figures 48 (p. 208) à 51 (p. 211) présentent les bloc-diagrammes fonctionnels pour les déchets de la continuité d'activité et de la gestion de crise. La légende est en Figure 42 (p. 207).

NB : les tableaux d'analyse sont en annexe 2 (p.340).

⁷² Par souci de simplification, nous avons considéré dans les schémas que la gare de Fontan-Saorge était une zone de stockage temporaire. C'est un peu inexact puisque les déchets n'étaient là que de manière très provisoire, dans des bennes fournies par la CARF qui faisaient les aller-retours en train.

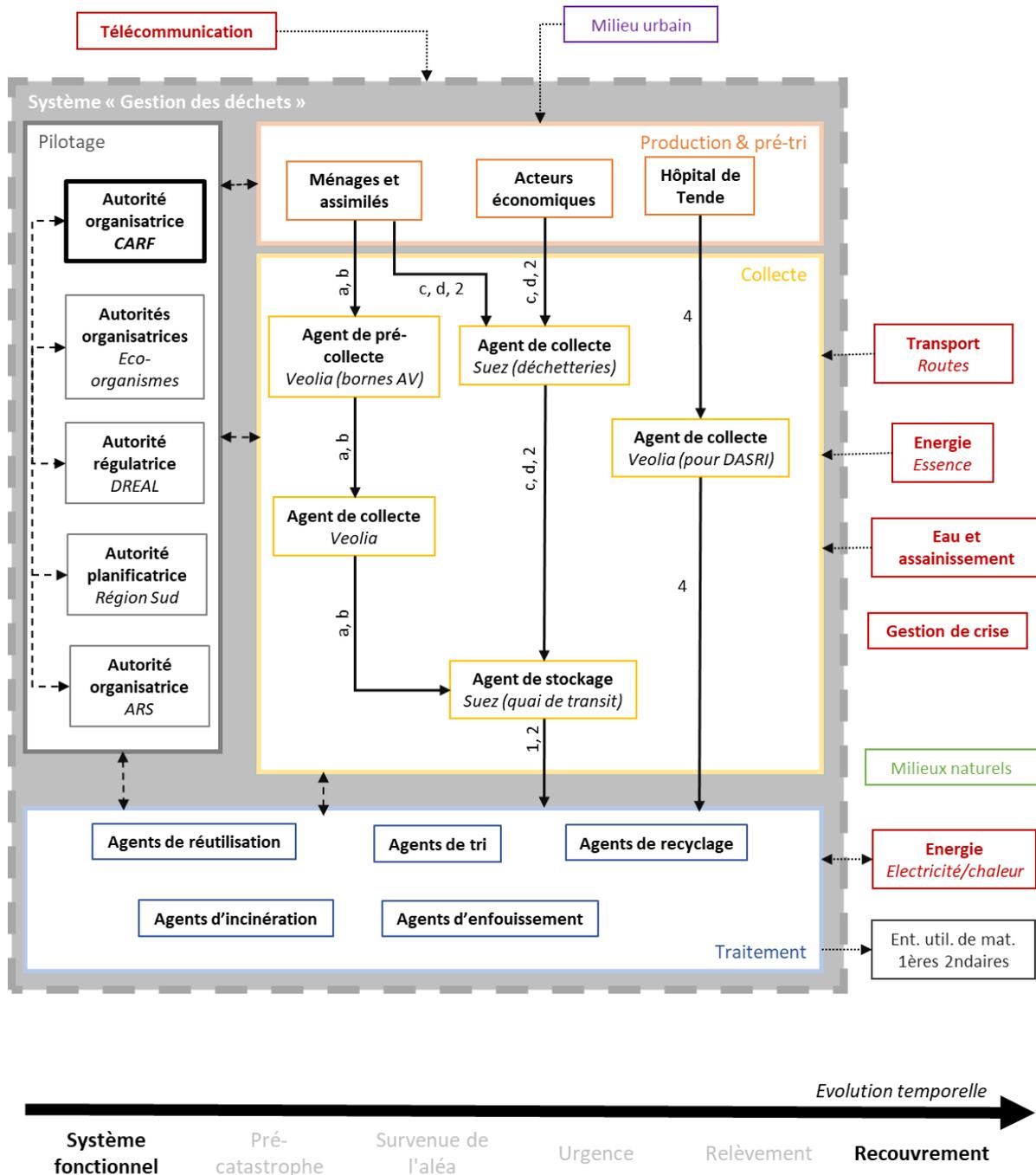


Figure 48 : Bloc-diagramme fonctionnel 1 pour l'étude des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Système fonctionnel et recouvrement

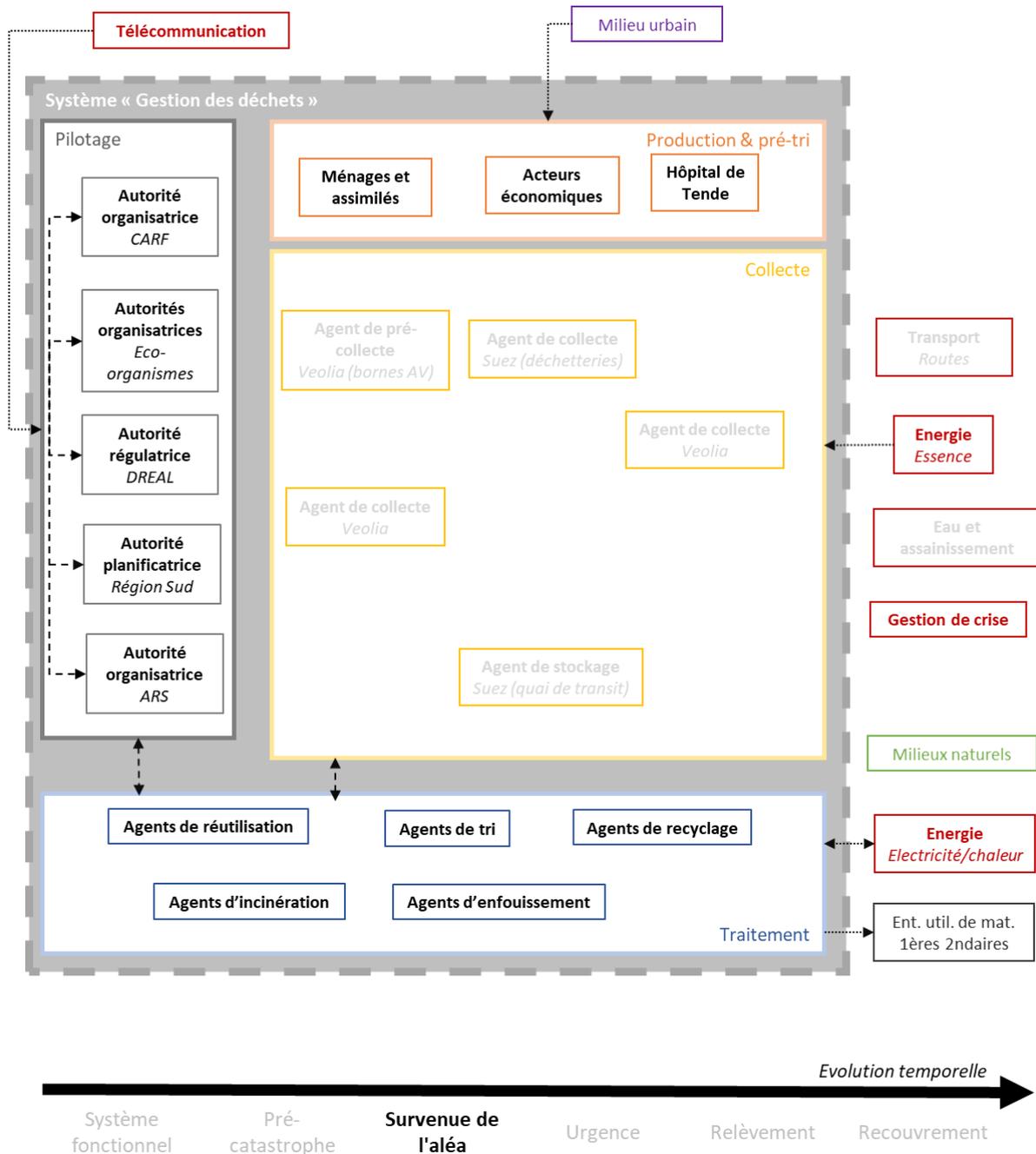


Figure 49 : Bloc-diagramme fonctionnel 2 pour l'étude des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Survenue de l'aléa

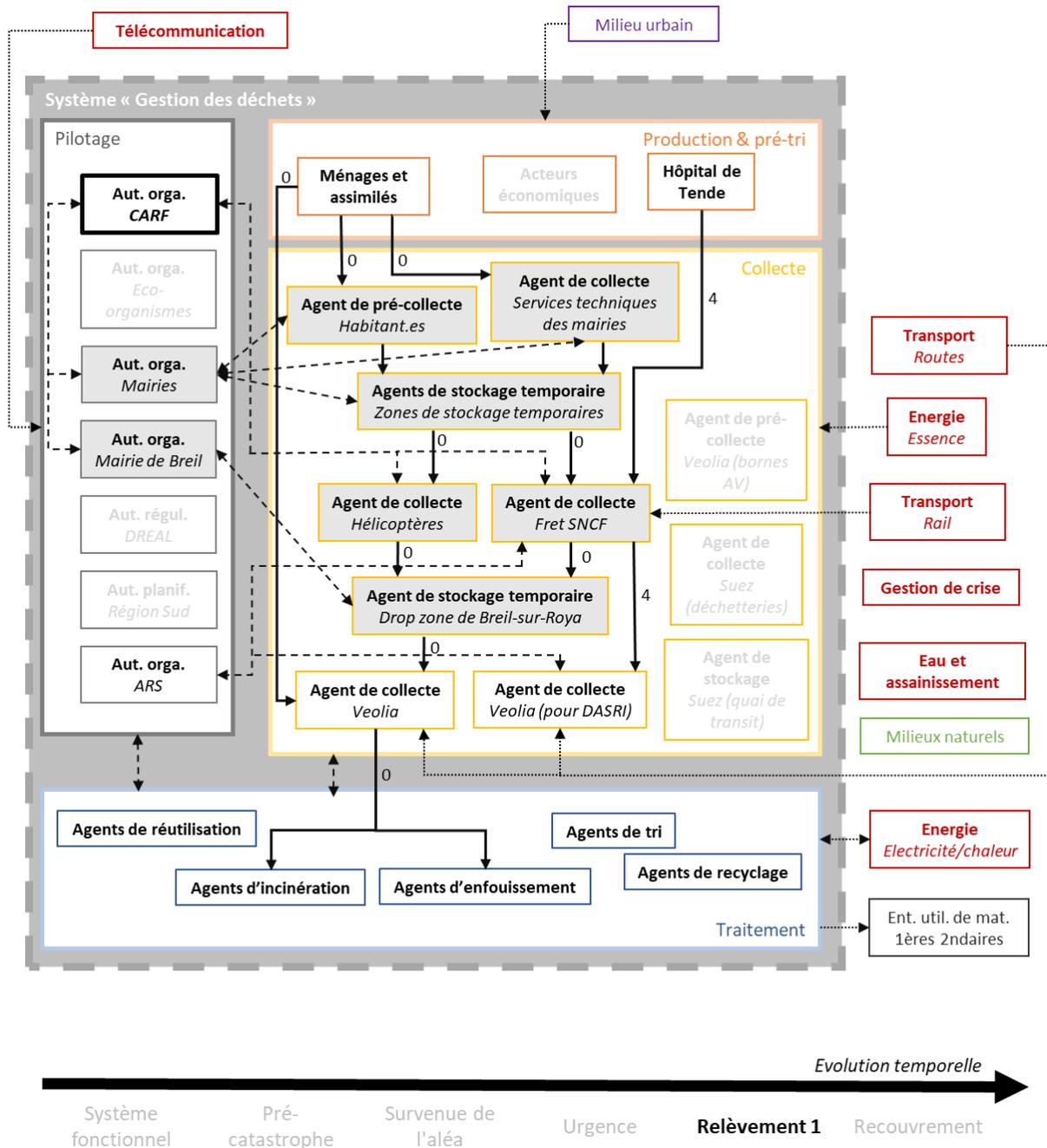


Figure 50 : Bloc-diagramme fonctionnel 3 pour l'étude des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Relèvement 1

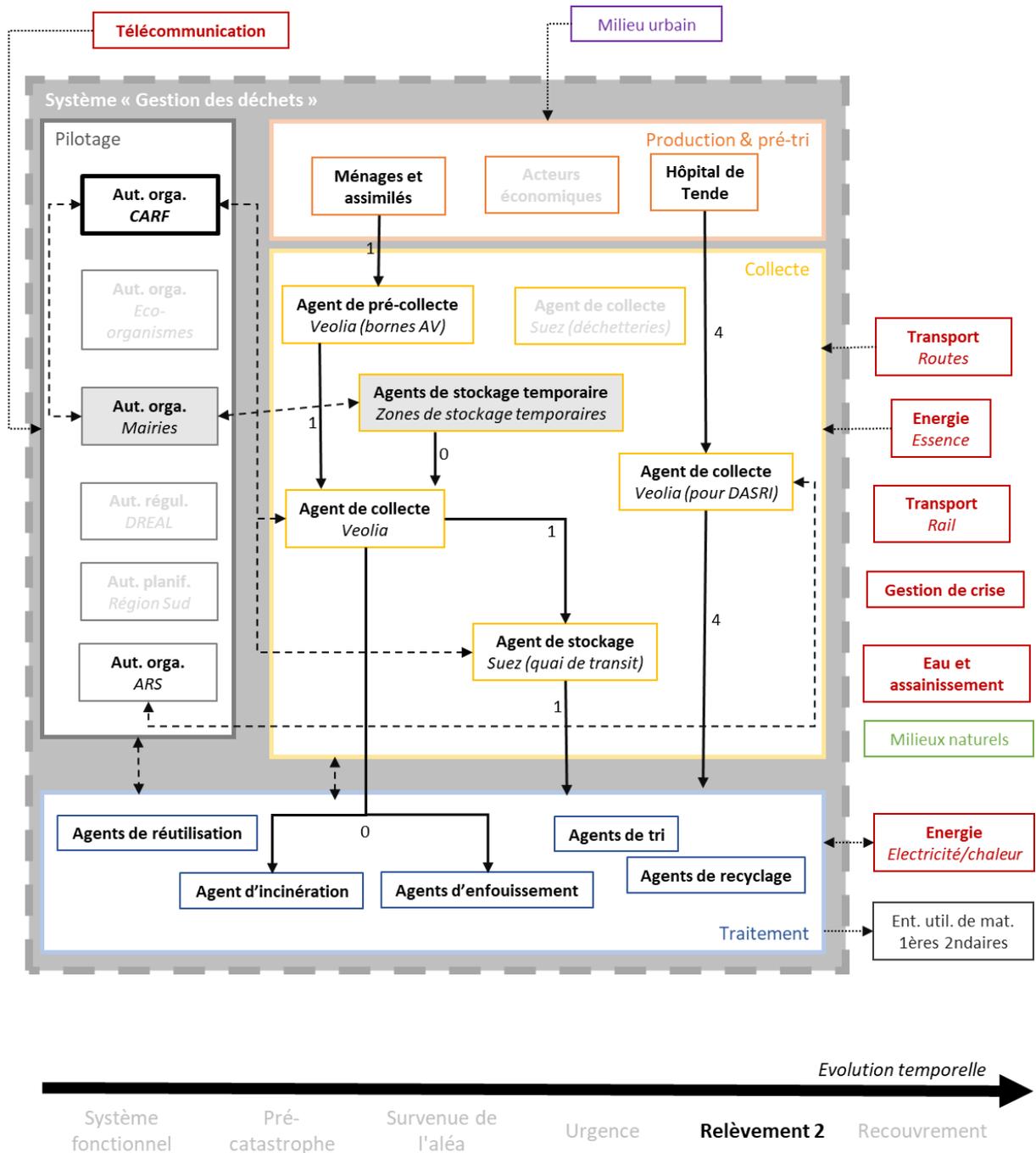


Figure 51 : Bloc-diagramme fonctionnel 4 pour l'étude des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Relèvement 2.

NB : à ce stade, les zones de stockage temporaire ne sont plus utilisées par les habitant-es car les collectes ont repris, mais elles doivent toujours être vidées par la CARF et son prestataire.

4.3.3. Premiers résultats : des nouveaux déchets aux nouveaux acteurs

Modification des gisements

Le premier changement majeur à considérer est le changement de flux de déchets. En effet, après la catastrophe, la plupart des ordures ménagères n'étaient pas triées et étaient collectées en un seul flux (ordures ménagères en mélange). Elles étaient souvent mélangées à des déchets de C&D non inertes. Le tout finissait donc incinéré ou enfoui, sans subir le traitement adéquat (tri, réemploi, recyclage, etc.). Les déchets ménagers et économiques étaient également mélangés. Ce mélange provient de quatre facteurs, deux au niveau de la production et du pré-tri, deux au niveau de la collecte :

1. Le mélange des déchets par la catastrophe elle-même : déplacement de déchets, déchets humides ou recouverts de boue qui rendent difficile l'identification des déchets ;
2. La surproduction de déchets : voulant nettoyer le territoire au plus vite, les agents de nettoyage et les sinistré-es sensé-es assurer un pré-tri ne prennent pas le temps de séparer les déchets ;
3. Des difficultés d'accès qui ont empêché les collectes séparées habituelles ;
4. Des zones de stockage temporaire inadaptées : les ZST ont été ouvertes par les mairies, sans que des espaces ne soient déterminés clairement pour chaque type de déchets.

Evolution de la réorganisation

La réorganisation varie selon les étapes de la catastrophe. Elle est radicalement différente de la pré-catastrophe pendant les phases d'urgence et de réhabilitation. Puis, lors de la phase de récupération, elle tend vers la « situation normale » initiale (fermeture du site de stockage temporaire, fin des collectes spéciales, etc.) mais de nombreuses actions de nettoyage restent nécessaires.

L'organisation de la collecte des déchets a été modifiée pour trois raisons principales.

1. **Les déchets ont été éparpillés** (dans le milieu urbain et naturel, et sur les routes) par la catastrophe. La première urgence, comme toujours en gestion des déchets post-catastrophe, était de nettoyer les routes pour permettre la progression des secours (équipes de secours, évacuation des sinistré-es, approvisionnement en eau et nourriture, etc.), et pour permettre la réhabilitation des autres infrastructures

urbaines (eau et énergie notamment ici). En parallèle, il était urgent de nettoyer les embâcles de la rivière pour éviter une nouvelle inondation.

Après quoi, la grande difficulté était d'accéder aux déchets dans la rivière. Les acteurs habituels de la gestion des déchets ne pouvaient pas le faire avec leurs propres moyens. Le SMIAGE a sorti les déchets dangereux de la rivière pour qu'ils puissent être récupérés par les gestionnaires de déchets. Les déchets inertes ont été réutilisés sur place pour les travaux de reconstruction des voiries. Les entreprises de construction ont également pu accéder et ramasser certains déchets dans la rivière (cf. § 4.2.2). Des journées citoyennes de nettoyage des rivières sont toujours organisées deux ans après la tempête. Les déchets particulièrement lourds comme les VHU doivent être évacués par hélicoptère.

2. **Les dégâts dans les maisons touchées ont créé d'énormes quantités de déchets** en une seule fois. A Breil-sur-Roya, la CARF a dû mettre en place une collecte en porte-à-porte et réaliser de nombreux aller-retours. Une zone de stockage temporaire a été ouverte car la déchetterie n'était pas accessible. Lorsque les routes ont commencé à être réparées et que la partie la plus importante du nettoyage était terminée, la CARF a tenté de redémarrer un processus de collecte « normale ». La zone de stockage temporaire a été fermée et la collecte en porte-à-porte des encombrants arrêtée. Pourtant, il existe encore des collectes en bord de rivière et les citoyens peuvent demander des ouvertures particulières de la déchetterie (notamment le dimanche, lorsque les associations font des activités de nettoyage).
3. **La destruction des routes** a obligé les acteurs à trouver des moyens de transport alternatifs : train, 4x4, hélicoptères. Dans les villages inaccessibles, les services techniques de la mairie ou les habitant·es ont dû gérer la collecte. Les mairies ont ouvert des zones de stockage temporaire. A la réouverture des routes, les conditions de circulation sont restées particulièrement difficiles, obligeant les gestionnaires à continuer d'adapter les collectes (passage avec les convois du matin et du soir dans un premier temps, mais les opérateur·rices devait passer la journée sur place ; puis collecte de nuit quand cela a été possible).

Des nouveaux acteurs avec des liens informels

Comme le montre l'analyse fonctionnelle, plusieurs nouveaux acteurs sont entrés dans le système de gestion des déchets après la catastrophe. L'intercommunalité, qui est chargée de la gestion des ordures ménagères, garde sa responsabilité après l'évènement mais était débordée et ne pouvait accéder à tout le territoire. Ainsi, deux nouveaux acteurs sont devenus centraux dans le pilotage de la gestion des déchets post-catastrophe : les communes, qui sont responsables de la gestion de crise locale et sont les premières autorités publiques à avoir accès au territoire impacté ; et le département qui possède une force d'intervention en cas de catastrophe (Force 06) et qui est responsable de la reconstruction des routes.

La plupart des nouveaux acteurs sont des agents de nettoyage issus de la gestion de crise (armée, Force 06) ou de la société civile (associations de bénévoles, entreprises du BTP, etc.). Ils sont intervenus car ils offrent des moyens matériels et humains permettant de collecter des déchets inaccessibles aux gestionnaires de déchets.

Cependant, ces nouveaux acteurs ont globalement une mauvaise connaissance du système de gestion des déchets, notamment vis-à-vis des exigences réglementaires et techniques, ce qui conduit à une mauvaise gestion des déchets. L'armée a évacué, outre les boues, les déchets non triés qui encombraient les routes et les villages hors de la zone sans qu'ils transitent par les installations de la CARF. Certaines zones de stockage temporaire n'étaient pas accessibles aux camions de collecte car desservies par des chemins trop petits, ou avec des ponts sur la route en amont. De plus, l'aspect « informel » de ces acteurs les rendait difficilement identifiables par les acteurs officiels des déchets et compliquait la coordination. Toutefois, les opérations nécessaires ont dans l'ensemble été réalisées : les prestataires de la CARF ont assuré les collectes, la CARF a payé les factures puis demandé des remboursements sur les aides d'urgence de l'Union Européenne, la plupart des coûts étant éligibles à ces aides (source : entretien CARF).

Au contraire, certains acteurs du déchet comme les éco-organismes sont devenus inopérants, notamment les acteurs liés aux activités de régulation et de planification. Cela était dû en partie à la nécessité de nettoyer rapidement le territoire, en partie à la distance géographique entre ces acteurs et le territoire impacté.

L'analyse montre l'importance des relations et des processus informels dans la gestion des déchets post-catastrophe. Avec le temps, pendant la période de recouvrement, certaines de ces relations se sont « officialisées », pas forcément avec des contrats formels mais au moins via des communications plus fluides. Par exemple, au début, les associations et les bénévoles qui nettoyaient le territoire appelaient la CARF, responsable des ordures ménagères, après leurs actions pour ramasser les déchets, sans tenir compte des moyens de collecte spéciaux nécessaires. Avec le temps, de meilleures organisations se sont mises en place, où les deux parties prenantes pouvaient anticiper le travail et les besoins de l'autre. Les échanges entre la CARF et les communes ont été plus ou moins simples : tant que la route était fermée, les mairies de Fontan et Saorge ont organisé les collectes dans leur commune, la CARF prenait ensuite le relai sur le transport vers les installations de traitement. A Tende, cela a été plus compliqué. Les priorités et les enjeux étaient un peu différents : la mairie a insisté pour l'évacuation des déchets par hélicoptères ; une des ZST choisies n'était pas accessible aux camions de collecte, la CARF a demandé à ce qu'elle ne soit plus utilisée mais la mairie n'en a pas trouvé d'autre ; etc.

Ces nouveaux acteurs dépendent fortement du contexte territorial. Comme mentionné précédemment, après la tempête Xynthia, de nombreux agriculteur·rices ont participé au transport des déchets (Robin des Bois, 2010), car la tempête a frappé une région agricole. Dans la vallée de la Roya, il y a peu d'agriculture, mais des petites entreprises de construction avec des camions faits pour les travaux dans des centres anciens de villages ont participé à la gestion des déchets, plutôt spontanément : un entrepreneur gérait le chargement et le déchargement des trains à Saint-Dalmas-de-Tende, y compris pour les déchets, un autre transportait des carcasses de voitures à Breil-sur-Roya, etc. Fret SNCF a également acheminé certains déchets médicaux et ménagers du haut de la vallée lorsque les routes étaient bloquées. Sur le littoral, la marine et l'ONF ont participé au ramassage et au traitement du bois flotté. La Région et la DREAL ont toutes les deux mentionné qu'elles auraient été davantage impliquées si les installations de traitement avaient été endommagées. Les nouveaux acteurs dépendent aussi de la catastrophe. Ici, les gestionnaires de rivière ont été activement impliqués car de nombreux déchets se sont répandus dans la rivière. Ils ne prendraient *a priori* pas de telles mesures après un tremblement de terre.

Conclusion du chapitre 4

Ce chapitre a permis d'appliquer la méthode AREF à l'étude de la gestion des déchets après la tempête Alex dans la vallée de la Roya. Des adaptations et des choix de modélisation ont dû être faits (séparation de l'analyse en deux avec les déchets créés par la catastrophe d'un côté et ceux de la gestion de crise et de la continuité d'activité de l'autre ; séparation de la phase de relèvement en deux, etc.), mais la méthode s'applique correctement.

L'objectif était en partie d'étudier la réorganisation du système en fonction des nouveaux enjeux et besoins créés par la catastrophe sur les systèmes urbains. Nous avons en particulier précisé en 3.1.1 que nous pouvions prévoir une réorganisation via l'apparition de nouveaux acteurs qui interviennent pour répondre aux besoins liés aux interdépendances avec les autres systèmes urbains, et une réorganisation due aux interdépendances internes au système de gestion des déchets (modification des flux de déchets). Les dépendances aux systèmes de transport ce sont révélés particulièrement fortes ici, comme celles au système de gestion de crise. Dans l'autre sens, la reconstruction des autres réseaux dépend fortement du nettoyage du territoire. Une autre dépendance vis-à-vis du système de gestion des déchets est apparue particulièrement forte ici : celle des systèmes naturels. Le nettoyage de la rivière, des plages et de la mer a mobilisé un nombre important de nouveaux acteurs. Or, sans même parler des risques pour l'environnement, de nombreuses activités humaines (tourismes, navigation, etc.) dépendent de ces milieux (plus ou moins) naturels et il est important d'empêcher les risques de sur-inondation.

Enfin, comme attendu, les modifications des flux de déchets, en qualité, en quantité et en mélange de flux ont également contribué à cette réorganisation.

D'autres éléments apparaissent, comme la mauvaise organisation des zones de stockage temporaire ou encore l'importance des liens informels (entendus ici comme non-contractualisés), dans la gestion des déchets post-catastrophe. Ce dernier point est d'autant plus intéressant que l'organisation de la gestion des déchets en France en temps normal est assez peu informelle. Il existe de nombreuses normes et régulations qui rendent nécessaires des suivis et des contractualisations systématiques. Ainsi par la suite, outre se demander si de nouvelles filières apparaissent, on pourra se demander s'il est nécessaire de formaliser ces relations.

Chapitre 5 : Mettre en place une filière de gestion des déchets post- catastrophe ?

Sommaire

Chapitre 5 : Mettre en place une filière de gestion des déchets post-catastrophe ?	224
Sommaire.....	224
Introduction du chapitre 5.....	226
5.1. Réorganisation des filières existantes	227
5.1.1. Désactivation et suractivation de filières.....	227
5.1.2. Suractivation ou nouvelles filières : exemple de la filière des déchets verts ..	235
5.1.3. Avantages et inconvénients de considérer des nouvelles filières	245
5.2. Organiser le service de gestion des déchets comme une activité d'importance vitale ?.....	251
5.2.1. Les activités d'importance vitale.....	251
5.2.2. Le service de gestion des déchets, une infrastructure d'importance vitale ? .	258
5.2.3. Quels apports pour la gestion des déchets post-catastrophe ?	268
Conclusion du chapitre 5	272

Introduction du chapitre 5

La réorganisation de l'ensemble du système de gestion des déchets dans la vallée de la Roya après le passage de la tempête Alex a été observée dans le chapitre 4. Cela ouvre des perspectives en termes d'organisation de la gestion des déchets post-catastrophe. Le chapitre 5 va donc se concentrer sur la réorganisation des filières « institutionnelles » de gestion des déchets et tenter notamment de voir si de nouvelles filières de gestion des déchets post-catastrophe apparaissent. Les filières subissent en effet de nombreuses transformations : elles peuvent être désactivées, suractivées, intégrer des nouveaux acteurs, etc. Ces réorganisations varient en fonction des six temps de la gestion de crise considérés dans notre méthode : situation normale, pré-catastrophe, survenue de l'aléa, urgence, relèvement, recouvrement.

Pour cela, les filières seront « extraites » des analyses fonctionnelles réalisées, grâce au paramétrage des filières. En effet, nous avons motivé au chapitre 3 l'intérêt de délimiter le système en y incluant toutes les filières pour pouvoir observer notamment les réorganisations dues aux mélanges des flux de déchets. Il convient maintenant de les isoler pour analyser leur évolution propre.

Les résultats montreront que l'hypothèse de considérer de nouvelles filières paraît raisonnable, mais que la pertinence de ce mode d'organisation pour la gestion des déchets post-catastrophe peut être questionnée. Se posera alors la question d'un mode d'organisation de la gestion des déchets post-catastrophe inspiré de la gestion de crise, avec notamment les activités d'importance vitale (AIV).

Ainsi, ce chapitre présentera dans un premier temps la réorganisation des filières dans la vallée de la Roya après la tempête Alex en fonction de la temporalité de la gestion de crise, et les intérêts et inconvénients de créer des filières spécifiques pour les déchets post-catastrophe. Dans une deuxième section, nous étudierons la possibilité de considérer la gestion des déchets comme une activité d'importance vitale.

5.1. Réorganisation des filières existantes

5.1.1. Désactivation et suractivation de filières

Filières désactivées

L'analyse fonctionnelle aux différentes étapes de la gestion de crise permet d'observer des désactivations et des suractivations de filières. Qu'est-ce que des filières suractivées ou désactivées ? Pour répondre à cela, nous pouvons partir de la fonction définie lors du paramétrage des filières (§ 3.3.1, p. 161) : « *traiter le flux de déchets X en respectant au mieux la hiérarchie des modes de traitement et les règles législatives* ». La filière X considérée est délimitée en fonction des paramètres de filière : des flux physiques d'un déchet X et de ses formes transformées, des flux administratifs, des relations de dépendance avec les autres systèmes urbains, la réalisation de la fonction, les échelles spatiale et temporelle.

On pourra assez facilement s'entendre sur ce que signifie une désactivation totale : la filière ne fonctionne plus, i.e. elle ne traite plus les déchets du territoire considéré selon les bons traitements, et ne respecte plus les normes. Cela implique que les déchets sont soit abandonnés (dans la nature, dans des décharges sauvages, etc.), soit qu'ils rejoignent une filière inappropriée.

Tableau 31 : Evolution des paramètres de la filière DEEE

Id	Variable	Valeur initiale (Figure 43, § 4.3.1, p. 208)	Valeur post-catastrophe (figures 44 à 47, § 4.3.1)
FP	Flux physique	DEEE (flux c)	DEEE (flux c)
FA	Flux administratifs	Existants	Non
RD	Relation de dépendance	Existantes	Non
Fc	Fonction	Oui	Non
S	Echelle spatiale	Vallée de la Roya ⁷³	Vallée de la Roya
T	Echelle temporelle	Longue	Désactivée à partir de la survenue de l'aléa

Après la tempête Alex, ce fut en particulier le cas de la filière des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), telle que paramétrée dans le Tableau 31 (p. 227). Ecosystem, l'autorité organisatrice, a demandé à la Communauté d'agglomération de la riviera

⁷³ Nous indiquons ici comme échelle spatiale la vallée de la Roya, car c'est là que sont produits et collectés les déchets qui nous intéressent, et que ces étapes sont les plus impactées. Toutefois, ces déchets sont ensuite traités en dehors de ce territoire.

française (CARF) de mettre en place le tri des DEEE. Cependant, au vu des circonstances, la CARF n'a pas réussi à faire trier les déchets par les sinistré·es (voir § 4.2.2). Ecosystem n'a donc pas pu récupérer les DEEE produits par la catastrophe et assurer leur traitement normal, ils sont partis en mélange avec les autres déchets ménagers et ont été incinérés (source : entretiens CARF et Ecosystem). Pour la gestion des DEEE de la vallée de la Roya non-produits par la catastrophe, les habitant·es ont pu attendre la réouverture des déchetteries pour s'en débarrasser.

Les filières peuvent n'être désactivées que partiellement. Cela signifie qu'une partie seulement des déchets est traitée correctement, le reste étant, comme précédemment, soit abandonné, soit traité dans des filières inappropriées. La filière des déchets non inertes du BTP (paramétrage en Tableau 32, p. 228) a ainsi été partiellement désactivée : une partie importante des déchets produits par la catastrophe, ramassée en phase d'urgence et de relèvement, est partie en mélange en incinération, mais les déchets ramassés en phase de recouvrement (notamment ceux ramassés lors de la reconstruction de la route) ont pu être collectés séparément et envoyés dans les filières de traitement habituelles.

Tableau 32 : Evolution des paramètres de la filière des déchets de de construction et démolition (C&D) non-inertes

Id	Variable	Valeur initiale (Figure 43, § 4.3.1, p. 208)	Valeur post-catastrophe (figures 44 à 47, § 4.3.1)
FP	Flux physique	Déchets de C&D non inertes (flux 2, f)	Déchets de C&D non inertes (flux 2, f)
FA	Flux administratifs	Existants	Existants
RD	Relation de dépendance	Existantes	Existantes
Fc	Fonction	Oui	Partielle
S	Echelle spatiale	Vallée de la Roya	Vallée de la Roya
T	Echelle temporelle	Longue	Désactivée lors des phases de catastrophe, d'urgence et de relèvement ; réactivée en phase de recouvrement

A noter que nous ne parlons de désactivation que pour un non-respect des normes de traitement. Le non-respect des normes peut intervenir à d'autres étapes (transport, stockage). La filière des déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI) (paramétrage en Tableau 33, p. 229) a par exemple respecté les modes de traitement, mais pas les normes de transport : les déchets de l'hôpital de Tende ont été transportés par fret-SNCF, dans des

wagons transportant également des passager·ères (source : entretien fret-SNCF). Or, les marchandises dangereuses ne peuvent être transportées que dans des trains sans passager·ère (appendice C, RID 2023), ou éventuellement en tant que colis dangereux, mais elles doivent dans ce cas être déposées dans un compartiment ou un coffre isolé des voyageur·euses (Annexe II, § 3.1, arrêté du 29 mai 2009 relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres).

Tableau 33 : Evolution des paramètres de la filière des DASRI

Id	Variable	Valeur initiale (Figure 48, § 4.3.2, p. 214)	Valeur post-catastrophe (figures 49 à 51, § 4.3.2)
FP	Flux physique	DASRI (flux 4)	DASRI (flux 4)
FA	Flux administratifs	Existants	Existants
RD	Relation de dépendance	Existantes	Existantes
Fc	Fonction	Oui	Oui
S	Echelle spatiale	Hôpital de Tende	Hôpital de Tende
T	Echelle temporelle	Longue	Inactive lors des phases de catastrophes et d'urgence ; réactivée après

Enfin, les filières peuvent être temporairement inactives, sans que l'on sache si cela entrainera une désactivation au sens défini ci-dessus, c'est-à-dire au sens où les déchets du territoire ne seront pas traités. Dans notre étude, c'est globalement le cas de toutes les filières en phase d'urgence (dans les premiers jours après la catastrophe), pendant laquelle seuls les nettoyages urgents (déblayages des routes, nettoyage des embâcles) sont réalisés. Les déchets sont alors stockés temporairement, principalement sur les bords de routes. Si on analyse uniquement ce stade, les déchets sont en mélange, on ne sait pas s'ils seront séparés par la suite pour rejoindre les bonnes filières. De même, on voit dans le Tableau 33 (p. 229) que la filière DASRI a été inactive lors des phases de catastrophe et d'urgence, mais que cela n'a pas entraîné de désactivation, même partielle, de la filière.

Filières suractivées

Une filière peut également être suractivée, soit du fait d'une quantité plus importante de déchets, soit du fait d'une forte mobilisation des agents, voire de la mobilisation d'agents supplémentaires. A noter qu'une filière peut être à la fois suractivée, par exemple à cause d'une grande quantité de déchets, et désactivée, en ne réussissant pas à traiter correctement

tous ses déchets. Prenons l'exemple des filières des déchets ménagers et assimilés (DMA) (paramétrage en Tableau 34, p. 230).

Tableau 34 : Evolution des paramètres de la filière des DMA

Id	Variable	Valeur initiale (Figure 43, § 4.3.1, p. 208)	Valeur post-catastrophe (figures 44 à 47, § 4.3.1)
FP	Flux physique	DMA (flux 1, a, b, c, d)	DMA (flux 1, a, b, c, d, 0)
FA	Flux administratifs	Existants	Existants mais moins nombreux que pour la filière initiale
RD	Relation de dépendance	Existantes	Existantes
Fc	Fonction	Oui	Partielle
S	Echelle spatiale	Vallée de la Roya	Vallée de la Roya
T	Echelle temporelle	Longue	Désactivée lors des phases de catastrophe, d'urgence et de relèvement ; réactivée en phase de recouvrement

A Breil-sur-Roya, commune la plus impactée de la vallée, après le nettoyage des routes et des espaces publics, les habitant-es ont nettoyé les bâtiments impactés. D'énormes quantités d'encombrants (DEEE, meubles, etc.) ont été sorties à ce moment. Des bennes de 30 m³ ont été mises à disposition par la CARF dès le lundi 05/10. De nombreux encombrants étant sur les trottoirs, la CARF a fait monter des camion-grues pour charger les bennes. Sur demande de la commune, des bennes ont été laissées pour que les gens puissent continuer de vider leur maison.

A Tende et à la Brigue, communes isolées aussi bien par le rail que par la route pendant trois mois, des zones de stockage temporaire (ZST) ont été mises en place par les mairies. Les services techniques des mairies ont assuré les collectes entre les habitations et les ZST. Aucun tri n'a toutefois été réalisé et tous les déchets ménagers (OMR mais aussi recyclables et éventuellement encombrants) ont été mélangés.

Ainsi, la filière DMA a été partiellement désactivée au sens défini ci-dessus : la plupart des déchets ménagers ont été collectés, mais sans être séparés et ont tous été incinérés. Les modes de traitement habituels n'ont pas été suivis et la hiérarchie des modes de traitement n'a pas été respectée. Toutefois, la filière a également été suractivée. Pas tant finalement du

fait de la quantité de déchets produits : d'après nos estimations (cf. annexe 3), jusqu'à la réouverture de la route, soit environ trois mois après la tempête, l'équivalent d'un peu plus d'un tiers de la production annuelle de déchets ménagers a été collecté. Ce chiffre relativement bas est dû en partie à la faible production de déchets dans les villages isolés sur cette période.

Cependant, les agent-es du service déchets de la CARF ont vu leur charge de travail augmenter considérablement. Une responsable du service déchet a expliqué : *« j'ai été mobilisée 15 jours à temps plein, sept jours sur sept, tout le temps, rien que pour passer des coups de fils, recevoir des coups de fils, être en contact avec les différents services municipaux et savoir ce qu'on fait, ce qui a été évacué, ce qu'on peut faire, ce qu'on ne peut pas faire »*. Les entreprises de collecte ont dû mobiliser des moyens supplémentaires (construction de supports à big bags pour évacuer une ZST par hélicoptères, envoi d'un responsable trois semaines sur place, etc.) et de nouveaux acteurs ont été impliqués (Fret SNCF, entreprises du BTP locales, associations, etc.).

Le Tableau 35 (p. 231) synthétise les suractivations et désactivations de filières.

Tableau 35 : suractivation et désactivation des filières de gestion des déchets dans la Roya après la tempête Alex

Filières initiales	Désactivation	Suractivation	Filières de report des déchets
DMA – OMR	Non	Oui	DMA en mélange ?
DMA – Recyclables	Oui	Non	DMA en mélange
DMA – Encombrants	Oui	Non	DMA en mélange
DMA – Déchets verts	Non	Oui	Nouvelles filières ?
C&D – non inertes	Partielle	Non	DMA en mélange
C&D – inertes	Non	Oui : surplus important de déchets. La plupart ont été utilisés sur place pour la reconstruction et n'ont pas nécessité beaucoup de moyens « exceptionnels », si ce n'est quelques engins spéciaux (broyeurs, etc.).	/
VHU	Partielle : les fluides des carcasses emportées étaient généralement déjà déversés dans le milieu naturel, seules les parties métalliques peuvent rejoindre le circuit de traitement habituel.	Partielle : de nombreux moyens spéciaux ont dû être mis en place pour la collecte des carcasses, mais les opérations étaient ponctuelles.	/

DASRI	Non. Toutes les normes de prévention lors du transport n'ont pas pu être respectées (notamment transport des déchets avec des passager-ères), mais tous les déchets ont pu être collectés puis incinérés dans l'installation habituelle.	Non. Des moyens spéciaux de collecte (transport par train, avec nécessité de désinfecter les wagons) ont dû être mis en place mais cela n'a pas mobilisé énormément de moyens.	/
-------	---	---	---

Activation d'une nouvelle filière « déchets ménagers post-catastrophe » ?

Le paragraphe précédent nous amène à une question : est-ce la filière des ordures ménagères résiduelles (OMR) qui est suractivée, ou sommes-nous face à un nouveau flux « déchets post-catastrophe » ? Si nous sommes bien face à un gisement de déchets ménagers en mélange, il paraît inexact de les considérer comme des OMR car la composition du gisement varie considérablement par rapport aux OMR « habituelles », avec une forte présence d'encombrants et de DEEE. De plus, les OMR désignent généralement la partie des déchets qui restent après des collectes sélectives (ADEME⁷⁴). En l'absence du tri à la source habituellement réalisé dans les communes de la CARF, il nous semble qu'on ne peut pas considérer que ce flux correspond à des déchets restants après les collectes sélectives.

Ainsi, considérons une filière « déchets ménagers post-catastrophe » (paramétrage en Tableau 36, p. 233). Nous pouvons isoler cette filière, à la fois dans le système de gestion des déchets produits par la catastrophe et le système de gestion des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité, grâce aux paramètres « flux physiques » (déchets en mélange) et aux liens administratifs (Figure 52, p. 234, et Figure 53, p. 235)⁷⁵. Si nous considérons que les conditions empêchent bel et bien le tri de chaque type de déchets et donc un traitement plus adéquat que l'incinération, la filière répond à la fonction « *traiter le flux de déchets X en respectant au mieux la hiérarchie des modes de traitement* » (nous discuterons du « *au mieux* » dans la section suivante). La filière est locale : les déchets sont produits dans la vallée de la Roya et traités dans le département des Alpes Maritimes.

⁷⁴ <https://presse.ademe.fr/2017/04/avis-de-lademe-quel-avenir-pour-le-traitement-des-ordures-menageres-residuelles.html>

⁷⁵ Par souci de simplification, nous n'avons pas fait apparaître les éléments externes à la filière reliés par des liens de dépendance.

Tableau 36 : Evolution des paramètres de la filière "déchets ménagers post-catastrophe"

Id	Variable	Valeur initiale (Figure 43, § 4.3.1, p. 208)	Valeur post-catastrophe (figures 44 à 47, § 4.3.1)
FP	Flux physique	<i>Filière inexistante</i>	DMA en mélange (flux 0)
FA	Flux administratifs	<i>Filière inexistante</i>	Existants mais moins nombreux que pour les filières initiales
RD	Relation de dépendance	<i>Filière inexistante</i>	Existantes
Fc	Fonction	<i>Filière inexistante</i>	Oui
S	Echelle spatiale	<i>Filière inexistante</i>	Vallée de la Roya
T	Echelle temporelle	<i>Filière inexistante</i>	Activée lors de la phase de relèvement

Temporellement, la filière se limite à la phase de relèvement, soit environ trois mois. Comme discuté en 4.2.2, les collectes séparées ont repris plus tôt dans certaines communes (Breil-sur-Roya, Fontan, Saorge) que dans d'autres (Tende, la Brigue). Toutefois, étant donné que l'échelle spatiale considérée est la vallée de la Roya, nous bornons temporellement la filière au maximum de son existence dans l'ensemble de la vallée. On ne peut donc pas vraiment considérer que cette filière soit « durable » dans le temps. Nous pourrions imaginer que la filière s'organise de manière plus « formelle » en étant définie en amont, en dehors des situations de catastrophe, et s'active au besoin lors d'évènements exceptionnels.

La filière « déchets ménagers post-catastrophe » répondrait alors aux différents critères de caractérisation des filières définis au chapitre 2 (§ 2.2.3) à savoir : des flux entrants de produits en amont et des flux sortants d'énergie en aval ; une production éventuelle de valeur, en participant notamment à un nettoyage rapide du territoire ; des échanges forts au sein de la filière, mais aussi avec l'extérieur ; une linéarité des échanges ; une délimitation subjective ; des règles officielles ou officieuses d'encadrement ; une dimension spatiale, ici avec une production de déchets dans la vallée de la Roya et un traitement dans le département des Alpes Maritimes ; une certaine permanence dans le temps, via la formalisation et l'activation lors de situations exceptionnelles.

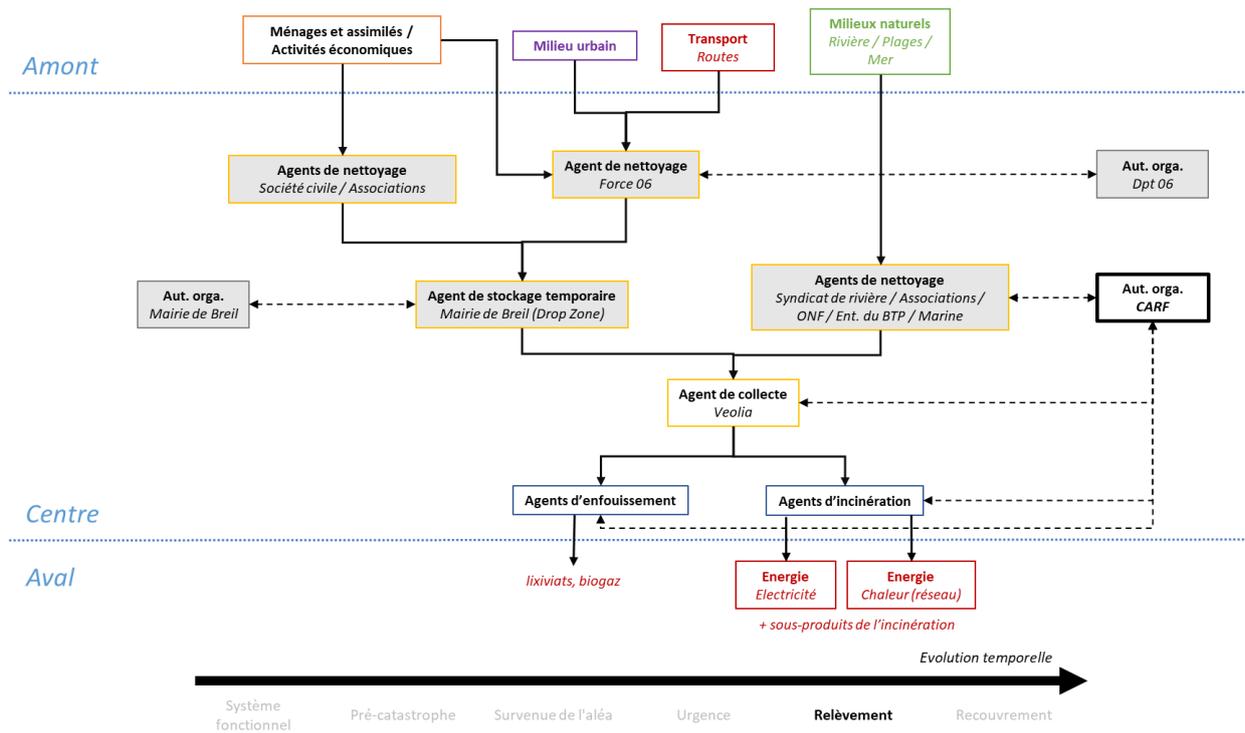


Figure 52 : Filière de traitement des déchets ménagers post-catastrophe – Déchets produits par la catastrophe, relèvement

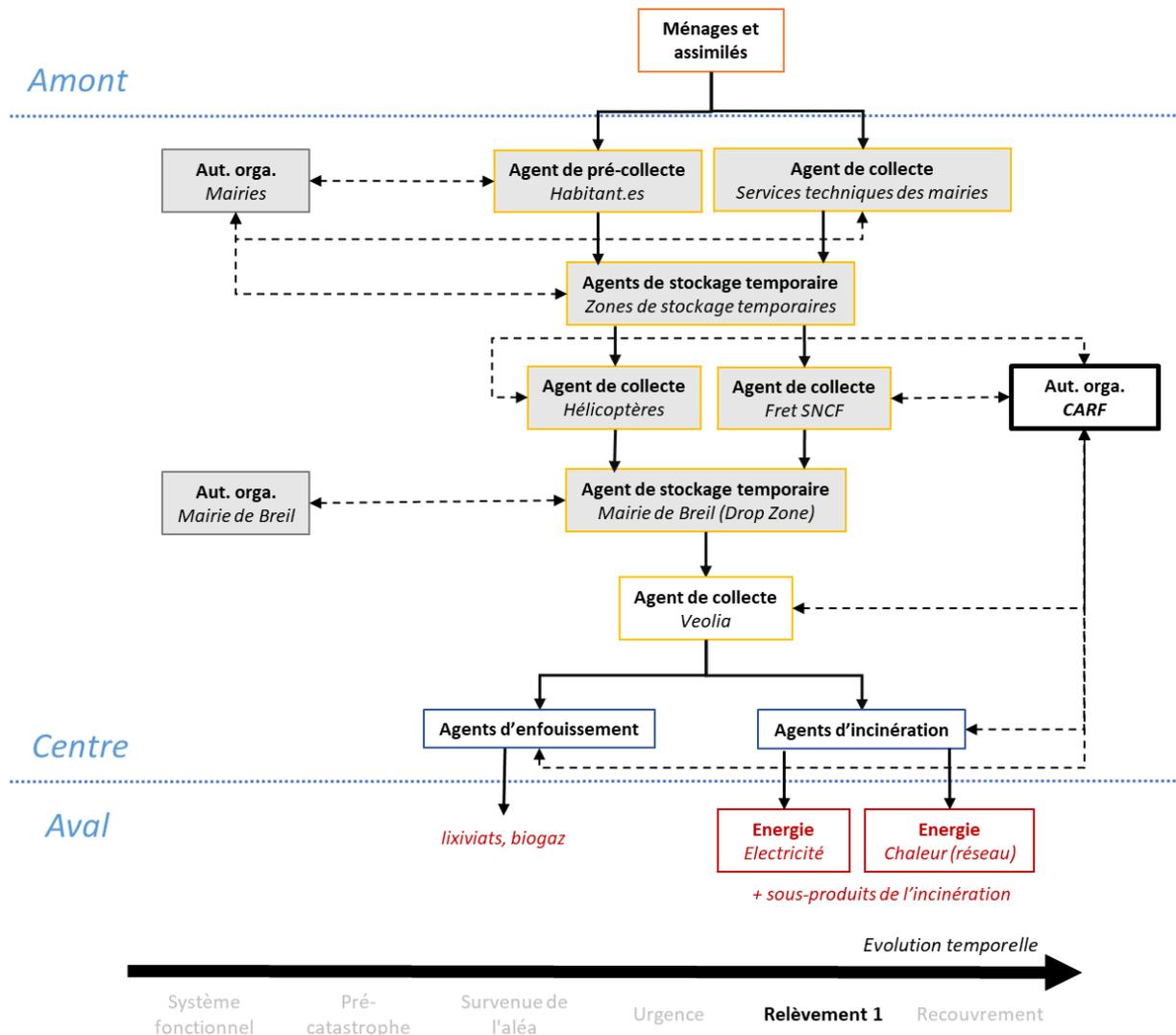


Figure 53 : Filière de traitement des déchets ménagers post-catastrophe – Déchets de la gestion de crise et de la continuité de service, relèvement 1

5.1.2. Suractivation ou nouvelles filières : exemple de la filière des déchets verts

Une autre filière largement suractivée est la filière des déchets verts. Nous allons ici nous attarder un peu plus en détails sur son évolution. Les schémas ci-après sont, de la même manière qu’avec la filière des déchets ménagers post-catastrophe au paragraphe précédent, une extraction des schémas fonctionnels, avec une présentation linéaire de la filière. Les agents de traitement sont également détaillés. Pour rappel, nous parlerons ici des déchets de la vallée de la Roya et des déchets charriés sur le littoral mentonnais (territoire de la CARF, impacté indirectement par la tempête).

La carte ci-après (Figure 54, p. 236) localise les différents lieux mentionnés dans ce paragraphe.

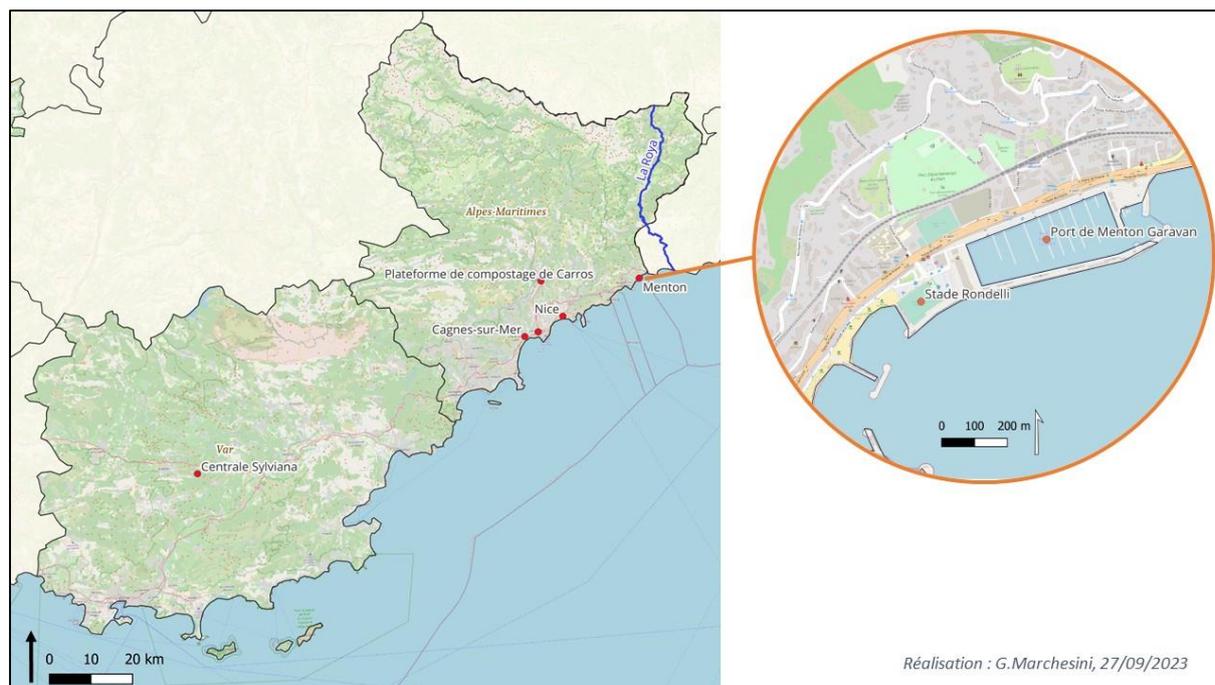


Figure 54 : Carte des lieux de collecte et de gestion des déchets verts après la tempête Alex

Gestion des déchets verts ménagers avant la catastrophe

La Figure 55 (p. 237) représente la filière avant la catastrophe. La filière est locale : les ménages amènent leurs déchets verts en déchetterie, les déchets sont ensuite traités dans le département, au centre de compostage de Carros, exploité par Veolia. La circulation des déchets est organisée par la CARF. La DREAL vérifie la conformité aux normes environnementales des installations. La Région suit les quantités de déchets, leur devenir et planifie les politiques de prévention, de réduction et de traitement.

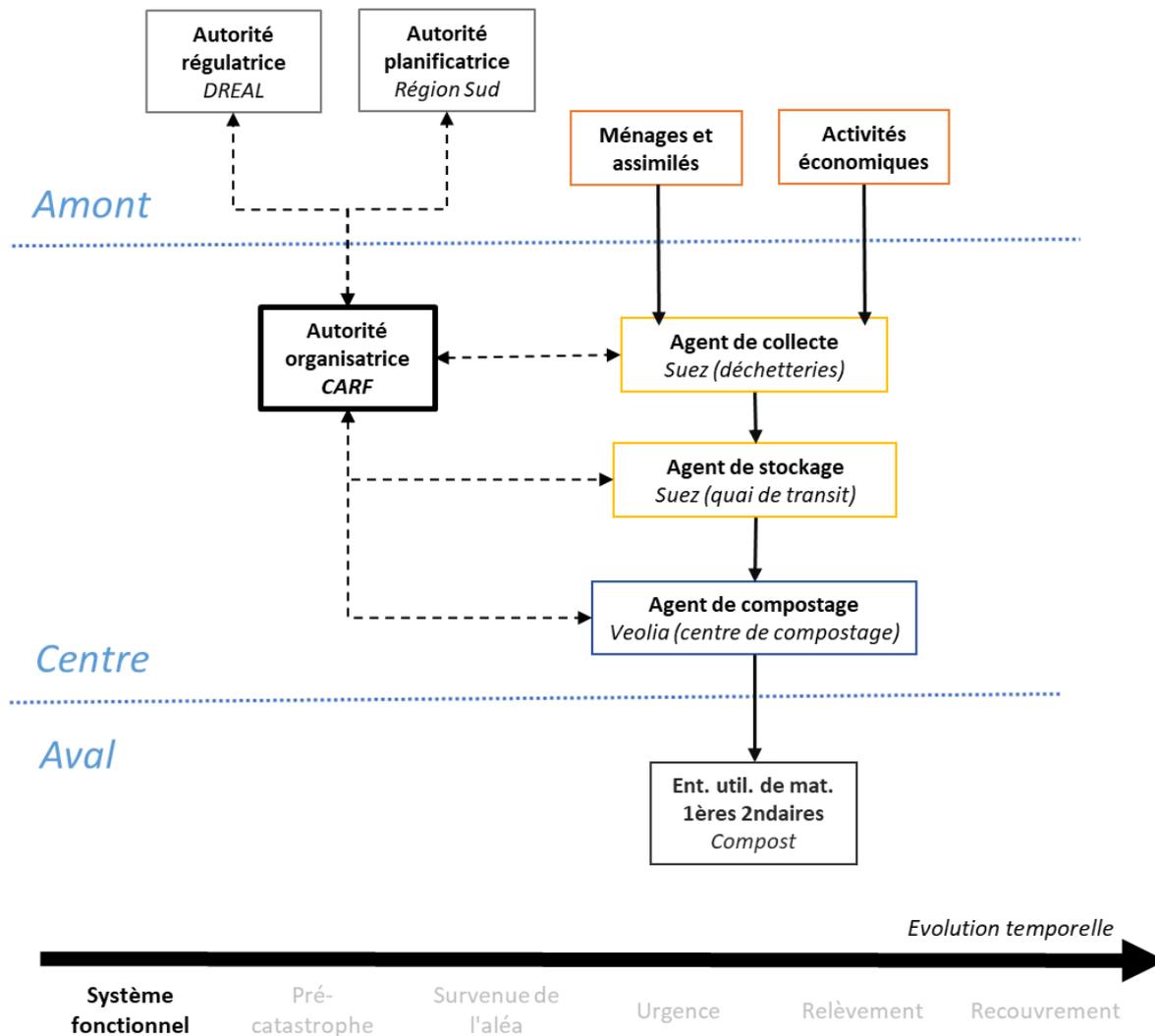


Figure 55 : Filière de traitement des déchets verts ménagers – système fonctionnel

Gestion des déchets verts après la catastrophe

En phase d'urgence, seules les opérations urgentes de nettoyage ont eu lieu. Pour les déchets verts, cela concerne l'enlèvement des embâcles dans la rivière pour éviter une sur-inondation et le déblayage des routes. Les déchets sont alors laissés sur place. Après quoi, les déchets sur les bords des routes ont été collectés par Veolia, agent de collecte des DMA, et envoyés à l'incinération.

Des opérations de nettoyage des rivières ont ensuite eu lieu régulièrement, jusqu'à encore deux ans après la tempête. Ces nettoyages sont réalisés par le syndicat de rivière contracté par la CARF (SMIAGE) dans le cadre de sa mission d'entretien des rivières et par des bénévoles et des associations (Figure 56, p. 238).



Figure 56 : déchets verts lors d'une journée de ramassage citoyenne dans la Vésubie, novembre 2022 (photos personnelles)

De nombreux déchets ont également été transportés sur les plages du littoral par la tempête. La majeure partie des déchets arrivés sur la plage de Menton ont finalement été charriés par les courants marins jusqu'à Cagnes-sur-Mer. Une quantité importante (155 tonnes) de déchets de bois est restée sur le littoral mentonnais, principalement dans le port de Garavan (source : entretiens CARF). La CARF a stocké le bois récolté sur le stade Rondelli, puis l'évacuation a été réalisée par l'ONF, contractée par la CARF, une à deux semaines après la tempête. Un camion broyeur et un camion-benne pour la réception du bois broyé ont été apportés (Figure 57, p. 239). Des agents des services techniques de la CARF ont prédécoupé les troncs pour les insérer dans le broyeur. Les racines, souvent enchevêtrées dans des roches, et les branchages ne pouvaient pas être broyés (endommagement du broyeur). Les racines ont été traitées par une entreprise du Var possédant une machine pour séparer les fibres de bois des pierres.



Figure 57 : Collecte du bois flotté sur la plage de Menton (CARF)

La taille des camions de l'ONF a obligé à bloquer une voie de circulation le temps de permettre leur passage sous le pont de la voie ferrée de Menton.

Avant le passage de l'ONF, des habitant·es de l'arrière-pays venaient se servir pour récupérer du bois de chauffage, sans autorisation, au risque de poser des problèmes de responsabilité à la CARF et à la mairie en cas de blessures (source : entretien CARF). Dans d'autres communes du littoral (notamment Saint-Laurent-du-Var), les habitant·es disposant de chauffage au bois ont été encouragé·es à venir se servir par les mairies (source : entretien Saint-Laurent-du-Var), un « drive » surveillé par la police municipale a été mis en place⁷⁶.

D'ailleurs, bien que l'étude se concentre sur la filière déchets verts ménagers gérés par la CARF, il est intéressant de revenir sur quelques spécificités de collecte sur les autres communes du littoral, où la suractivation de la filière bois était encore plus importante.

A Nice, la préfecture maritime a déclenché le plan ORSEC à cause des plaques de déchets flottants dans la mer pouvant constituer un risque pour la navigation. Des hélicoptères ont été envoyés pour identifier les nappes de déchets flottants. Des bateaux de la marine ont rapporté les déchets (principalement du bois flotté) sur la plage. Le bois flotté a ensuite été traité par l'ONF de la même manière qu'à Menton. Les troncs ont été prédécoupés par des agent·es de la direction départementale des territoires et de la mer (DDTM).

En tout, plus de 4 000 tonnes de déchets (principalement du bois, mais également beaucoup d'ordures ménagères enchevêtrées) ont été charriées par la rivière sur les plages de la métropole de Nice, la majeure partie à Saint-Laurent-du-Var (3 300 tonnes sur les 3 770 au 16

⁷⁶ <https://saintlaurentduvar.fr/blog/tempete-alex-les-plages-laurentines-retrouvent-leur-apparence-premiere>

novembre 2020⁷⁷). La plupart de ces déchets est arrivée directement après la tempête, mais il y a aussi eu une deuxième vague, à la suite de grosses pluies début janvier, soit trois mois après la tempête, plus restreinte toutefois. Les déchets verts ont servi soit de bois de chauffage aux habitant·es de l'arrière-pays et des communes sinistrées, soit été recyclés en Italie en contreplaqué pour faire des meubles (source : entretien MNCA).

Toutes les plages de Saint-Laurent-du-Var ont été nettoyées en trois mois, grâce à l'intervention de nombreux bénévoles. Les services techniques de la mairie ont coordonné le nettoyage, et fournit gants et chasubles aux bénévoles. Des bénévoles (jusqu'à une centaine par jour) aux profils divers sont venus : associations de camionneur·euses, personnels équipés de chien·nes secouristes... ainsi que les sapeur·es-forestier·ères des départements voisins. La mairie a pu loger ces dernier·ères pour 10€/nuit dans les hôtels de la ville et des restaurateur·rices bénévoles se sont occupé·es des repas. La MNCA a également fourni des moyens logistiques (camions, tronçonneuses, etc.).

Un nettoyage d'une telle ampleur a nécessité une logistique importante : les équipes avançaient par zones, les services équipés tronçonnaient et enlevaient le gros, puis le reste des bénévoles passaient derrière pour récupérer les petits objets (déchets plastiques, objets personnels). Les équipes étaient également attentives à l'éventuel présence de corps. Un cadavre de chien et un de vache ont été trouvés. Une barge en mer avec une grue a permis de nettoyer les enrochements. Les objets personnels ont été récupérés et triés par une association et stockés dans des locaux fournis par la mairie. L'association a mis des photos sur internet pour que les sinistré·es puissent récupérer leurs biens.

Apparition de pseudo-filières de gestion des déchets verts

La gestion des déchets verts ménagers a donc subi une importante réorganisation après la catastrophe, qui nous permet de nous questionner sur l'apparition ou non de nouvelles filières de gestion. Nous utiliserons l'expression « pseudo-filières » pour parler des « filières » qui apparaissent à chaque temporalité de la gestion de crise. Nous parlons de pseudo-filières car elles ne répondent pas, *a priori*, à tous les critères de caractérisation des filières, en particulier au critère temporel. Le paramétrage des pseudos-filières est résumé dans le Tableau 37 (p. 245).

⁷⁷ <https://saintlaurentduvar.fr/blog/tempete-alex-les-plages-laurentines-retrouvent-leur-apparence-premiere>

Lors de la phase d'urgence (Figure 58, p. 241), on se retrouve avec une filière en mode dégradé qui doit traiter de nombreux déchets avec des contraintes territoriales fortes. Les déchets, auparavant produits par les ménages et les activités économiques, ont été produits par la catastrophe et se retrouvent éparpillés dans des lieux où ils ne se trouvaient pas avant : milieux naturels, routes, milieux urbains. Deux pseudo-filières apparaissent.

- La première, pour les déchets dans la rivière, est toujours organisée par la CARF. Les déchets verts sont ici laissés sur place pour rester dans le milieu naturel.
- La deuxième, pour les déchets présents sur les routes et dans le milieu urbain. Le déblayage des routes n'est pas organisé par la CARF. On pourrait donc considérer une filière séparée. Toutefois, les déchets sont ici seulement stockés sur les bords de route et seront de nouveaux gérés par la CARF lors de la phase de relèvement.

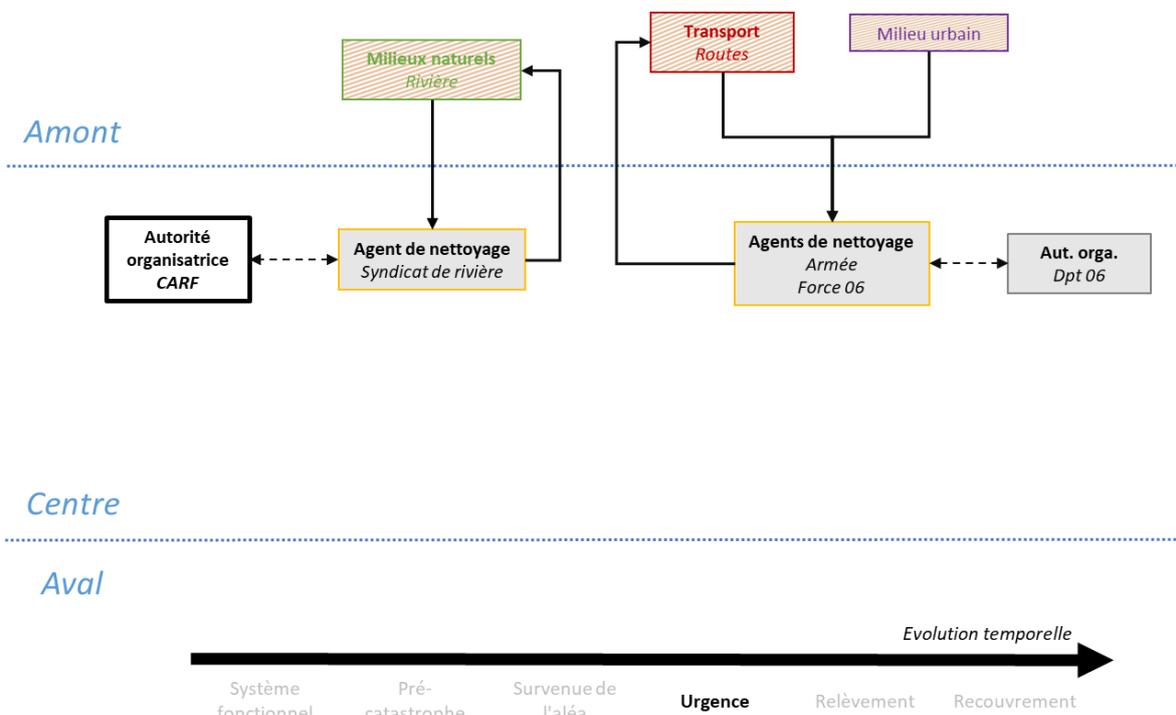


Figure 58 : Filières de traitement des déchets verts - phase d'urgence

Lors du relèvement (Figure 59, p. 243), de nombreux nouveaux agents interviennent dans la filière. On a d'une part des agents qui étaient dans le système mais n'appartenaient pas à la filière déchets verts, d'autre part des agents qui n'apparaissaient pas dans le système fonctionnel initial. A noter que parmi eux, on trouve des agents qui traitaient des déchets verts en dehors de ce territoire : l'ONF et Sylviana (centrale d'incinération dans le Var).

La gestion est ici principalement organisée par la CARF, nous pouvons donc toujours considérer être dans la filière de gestion des déchets verts initiale.

En s'intéressant à l'amont de la filière, il est possible de définir trois micro-filières : celles des déchets verts sur les plages, celles des déchets verts dans la rivière et celle des déchets des milieux urbanisés. Toutefois, au niveau de la collecte, on voit apparaître deux filières : une opérée par Veolia et dont les déchets sont incinérés au centre de Nice, et une opérée par l'ONF, dont les déchets finissent soit incinérés dans la centrale de Sylviana, soit récupérés par les habitant·es de l'arrière-pays pour leur chauffage personnel.

Au niveau des débouchés, on a trois produits⁷⁸ : de la chaleur individuelle, de l'électricité (sur le réseau général) et de l'énergie pour le réseau de chaleur.

Ainsi on voit une complexification et un élargissement de la filière des déchets verts ménagers qui traitent de déchets verts non ménagers, éparpillés dans des lieux inhabituels. Cet éparpillement rend nécessaire l'intervention de nouveaux agents de nettoyage, collecte et stockage. Les modes de traitement restent globalement les mêmes (compostage et incinération) et les plus adéquats⁷⁹, mais nécessitent des installations externes à la filière locale initiale.

⁷⁸ Quatre en réalité si on considère les déchets verts qui restent dans le milieu naturel en bordure de rivière.

⁷⁹ Cela peut se discuter toutefois. Pour les gestionnaires des espaces naturels (parc naturel du Mercantour, gestionnaires de rivière), il faut laisser les déchets verts sur place pour leur rôle dans les écosystèmes naturels. Ce ne sont d'ailleurs pour eux pas vraiment des déchets. En revanche, les habitant·es des zones sinistrées souhaitent voir tous ces arbres, branchages, troncs, etc. retirés de la rivière car ils n'étaient pas là avant et leur rappellent la tempête.

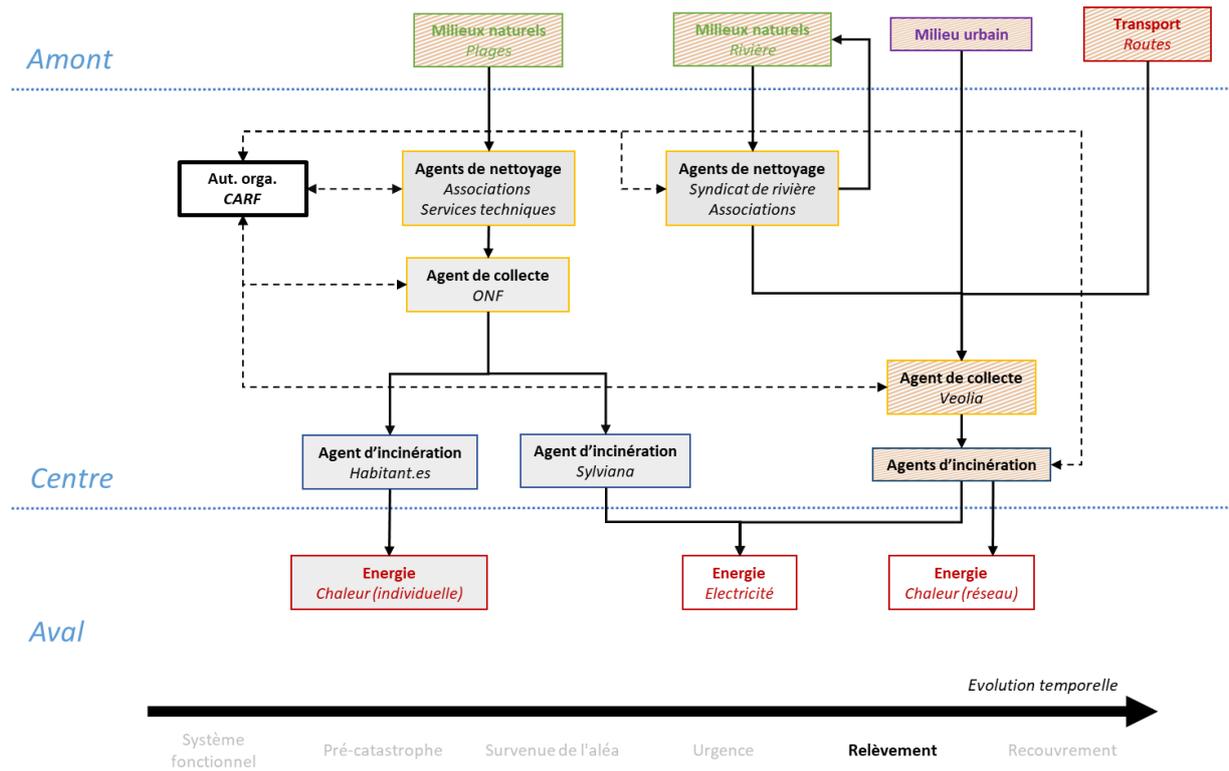


Figure 59 : Filières de traitement des déchets verts - phase de relèvement

Lors de la phase de recouvrement (Figure 60, p. 244), la collecte des déchets verts ménagers reprend progressivement son organisation initiale, avec en parallèle les activités de nettoyage des rivières et donc de traitements des déchets ramassés qui continuent.

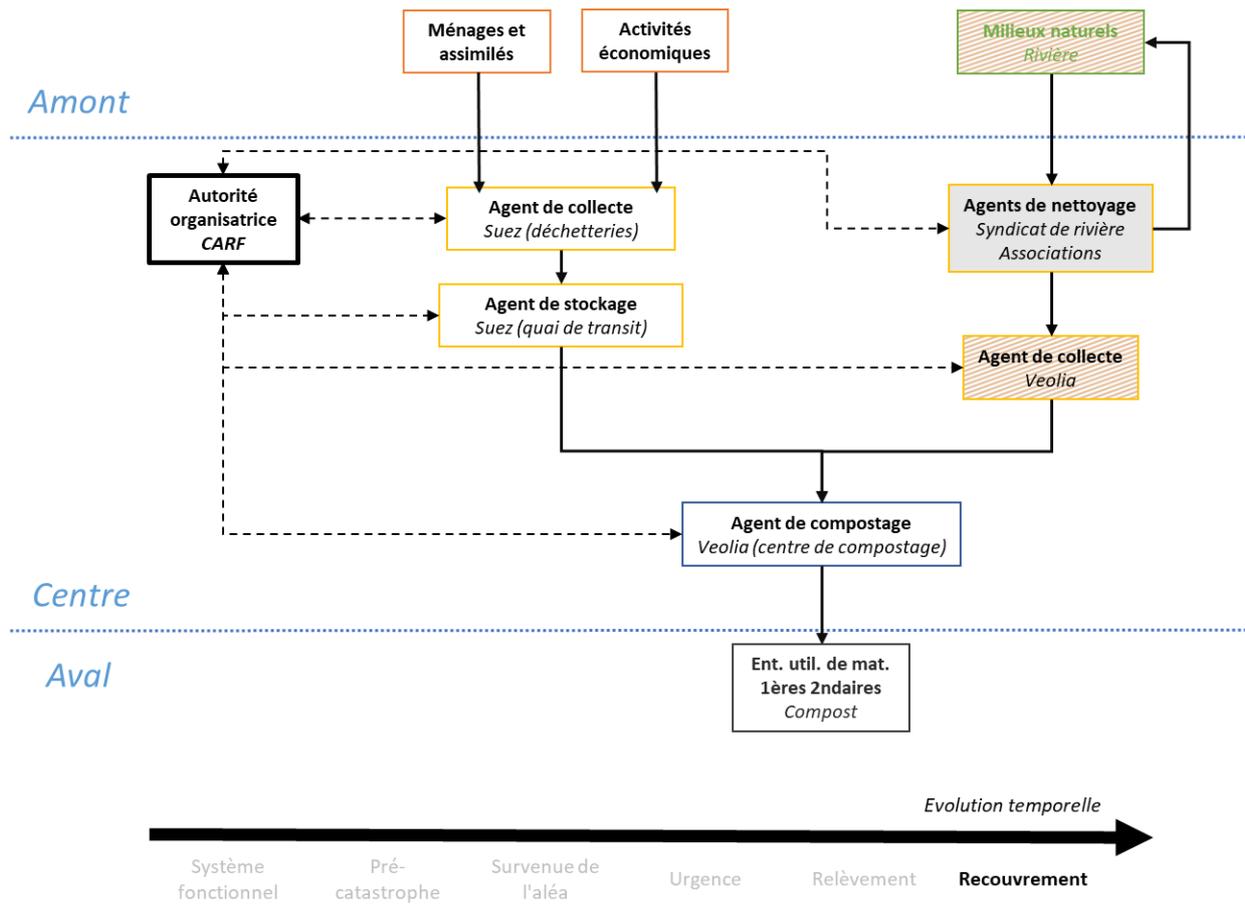


Figure 60 : Filières de traitement des déchets verts "ménagers" - phase de recouvrement

Les éléments pouvant faire penser à de nouvelles filières sont : un nouveau flux de déchets (déchets verts non ménagers), des nouveaux exutoires (incinération, chauffage des ménages), des échanges forts avec des nouveaux acteurs (agents de nettoyage, de collecte et de traitement), un changement de localisation des flux (déchets ramassés en dehors de lieux habituels et traités dans de nouvelles installations). Toutefois, l'autorité organisatrice reste la CARF.

Le dernier point à questionner est encore une fois la temporalité, qui diffère en fonction des pseudo-filières considérées. Si l'on s'intéresse à la filière « plage » (ou la filière centrée autour de la collecte par l'ONF, qui bien que provenant d'un découpage différent, est la même), l'ONF a agi ponctuellement, lors de la phase de relèvement. Les copeaux de bois ont été ensuite stockés sur le site de la centrale de Sylviana, pour être utilisés au fur et à mesure des besoins.

La pseudo-filière centrée sur la collecte par Veolia a duré plus longtemps, notamment pour les déchets verts des rivières, des opérations de nettoyage des rivières ayant encore lieu deux ans après la tempête.

Tableau 37 : Paramètres des pseudo-filières des déchets verts

Id	FP	Fc	S	T
Variable	Flux physique	Fonction	Echelle spatiale	Echelle temporelle
Filière initiale déchets verts	Déchets verts (flux d)	Oui	CARF	Désactivée à partir de la catastrophe, réactivée en recouvrement
Pseudo-filière « rivière »	Déchets verts (flux d)	Oui	Vallée de la Roya (rivière)	Urgence, relèvement, recouvrement
Pseudo-filière « route et milieu urbain »	Déchets verts (flux d)	Oui	Vallée de la Roya (communes)	Urgence, relèvement
Pseudo-filière « plage » / « ONF »	Déchets verts (flux d)	Oui	Littoral mentonnais	Relèvement
Pseudo-filière « Veolia »	Déchets verts (flux d)	Oui	Vallée de la Roya (rivière et communes)	Relèvement, recouvrement

5.1.3. Avantages et inconvénients de considérer des nouvelles filières

Notre analyse nous permet donc de constater l'apparition de filières, ou de pseudo-filières, de gestion des déchets post-catastrophe. Certaines étapes de ces filières sont toutefois informelles, notamment au niveau de la collecte (nettoyage et transport), apparaissent plus ou moins spontanément après une catastrophe, et semblent *a priori* vouer à disparaître plus ou moins vite lors de la phase de recouvrement. Nous pouvons nous demander s'il serait intéressant ou non pour la gestion des déchets post-catastrophe de pérenniser et de formaliser ces filières, en identifiant et contractualisant en amont les nouveaux acteurs, pour les activer en cas d'évènement exceptionnel. Les déchets post-catastrophe doivent-ils être considérés comme des nouveaux flux de déchets qui nécessitent la mise en place de nouvelles filières, avec leurs propres organisations et réglementations de collecte et de traitement ?

Une filière unique « déchets post-catastrophe »

Un nettoyage du territoire plus rapide...

La gestion des déchets post-catastrophe doit idéalement répondre à deux objectifs, *a priori* antagonistes : nettoyer au plus vite le territoire pour permettre son recouvrement rapide et envoyer les déchets post-catastrophe dans leurs filières de traitement « normales ». Pourtant, la difficulté de trier les déchets post-catastrophe est un obstacle au nettoyage rapide. Dans le cas étudié, nous avons pu voir que la CARF n'avait pas pu accéder au territoire à temps pour

préparer les zones de tri⁸⁰ et que les déchets étaient déposés en mélange par les sinistrés, qui n'avaient pas l'énergie pour se préoccuper de cela.

En France, des dérogations législatives existent pour faciliter la gestion des déchets post-catastrophe et accélérer leur prise en charge :

- Normes sur le stockage temporaire : la rubrique ICPE 2719 sur les installations temporaires de transit de déchets issus de pollutions accidentelles marines ou fluviales ou de catastrophes naturelles permet d'ouvrir des ZST sur simple déclaration⁸¹ pour des volumes supérieurs à 100 m³. Cette rubrique peut permettre d'ouvrir des zones de stockage sur des espaces qui n'accueillaient pas de déchets ou de stocker des déchets de nature différente ou en quantité supérieure sur des installations qui accueillaient déjà des déchets. Dans les deux cas, la déclaration ne doit pas dépasser trois ans. Si ce délai ne suffit pas à traiter les déchets stockés, il faut changer de régime (ICPE 2760 : Installation de stockage de déchets, à l'exclusion des installations visées à la rubrique 2720, soumise à autorisation) et adapter l'installation en conséquence.
- Exonérations fiscales : les réceptions de déchets générés par les catastrophes naturelles sont exonérées de la TGAP (taxe générale sur les activités polluantes, payée par les entreprises ayant une activité polluante ou utilisant des produits polluants).

Toutefois, les déchets post-catastrophe n'étant pas un flux « régulier », l'état de catastrophe naturelle doit être déclaré par le conseil de ministre avant de pouvoir activer ces dérogations. De plus, la plupart des acteurs ne sont pas préparés à ouvrir ces ZST, le choix et l'organisation des zones post-catastrophe rajoutent donc un délai supplémentaire et ne sont souvent pas optimales. Ce fut le cas dans la vallée de la Roya où les zones étaient à postériori difficilement accessibles par les camions de collecte, ce qui a encore rallongé le processus de collecte.

Cette difficulté autour de la séparation des déchets est apparue très fortement après le tremblement de terre de l'Aquila en 2009 en Italie. Selon la loi italienne, les gestionnaires devaient transporter et traiter les déchets en respectant les typologies de déchets prévues

⁸⁰ Ce point est important car les sinistrés n'étaient en théorie pas contre effectuer le tri lorsque la CARF le demandait, mais comme rien n'étant mis en place personne ne l'a fait.

⁸¹ Trois niveaux de classement primaires existent, de l'installation la moins dangereuse à la plus dangereuse : les installations soumises à enregistrement, les installations soumises à déclaration, les installations soumises à autorisation. Les installations de traitement des déchets sont le plus souvent soumises à autorisation. La déclaration est donc moins contraignante.

dans la réglementation européenne pour être remboursé-es. Or plus de 50 types de déchets correspondant à 50 codes du Catalogue Européen des Déchets ont été observés sur cette catastrophe (Gabrielli et al., 2018) et la séparation était particulièrement laborieuse, ce qui a considérablement ralenti le nettoyage du territoire. Un nouveau code déchets a donc été créé pour les déchets post-catastrophe en mélange ce qui a permis d'évacuer les déchets et d'avancer sur le nettoyage du territoire (Brown et al., 2010).

Pendant la phase d'urgence, la priorité va au sauvetage et à la sauvegarde des populations, les routes sont déblayées pour permettre le passage des secours mais les déchets, en majorité, restent sur place et ne sont pas évacués immédiatement. La question d'une nouvelle filière se pose à partir de la phase de relèvement, qui, pour rappel, correspond à la phase de nettoyage du territoire, de remise en route des services urbains, de retour des populations dans leur habitation et des premières estimations des dommages (§ 3.1.2). La création d'une filière unique « déchets post-catastrophe » pourrait ainsi permettre un nettoyage plus rapide du territoire, et donc une diminution du temps de relèvement.

... mais un risque de baisse des normes environnementales

D'un autre côté, on pourrait s'inquiéter que cela affaiblisse les normes environnementales normalement appliquées lors de la gestion des déchets. Les normes environnementales n'ont par exemple pas toujours été respectées lors de la gestion des déchets après la tempête Alex : aucun tri des déchets n'a été réalisé, des brûlages à l'air libre ont été effectués, des déchets dangereux (DASRI) ont été transportés avec des passager-ères (certes avec des précautions particulières), des déchets ont été stockés sur des sols perméables. En raison de la situation particulière, il était difficile pour les autorités environnementales de contrôler et d'imposer le respect des normes environnementales habituelles.

En particulier, autoriser la collecte des déchets post-catastrophe (en mélange) en un seul flux est susceptible de diminuer la séparation à la source sur site, qui donne généralement de meilleurs résultats, et donc la possibilité de recyclage si aucun site de tri approprié n'est disponible. Le tri sur site est difficile en post-catastrophe : contraintes de temps, difficultés d'identifier les déchets, risques de contamination des déchets, etc. Le tri off-site peut permettre de résoudre ces problèmes, mais il nécessite d'une part de la place pour des zones de stockage temporaire secondaires, d'autre part la possibilité de réaliser rapidement des collectes avec des camions de tailles suffisantes (ou de nombreux aller-retours) (Brown and

Milke, 2016). Or trouver des zones de stockage temporaire adaptées s'avère souvent compliqué (voir § 6.2.3, p. 306).

Ces difficultés amènent souvent à favoriser l'incinération des déchets post-catastrophe, au détriment des possibilités de valorisation matière. Ainsi, créer une filière unique de gestion des déchets post-catastrophe avec des normes « adaptées » présente un risque d'acceptation d'une diminution des normes environnementales en vigueur, au profit de la rapidité voulue par la gestion de crise.

Des filières post-catastrophe avec obligation de tri

Pour aller au-delà de cette question du tri, intéressons-nous maintenant au cas de la mise en place de filières de déchets post-catastrophe séparées par flux, qui permettent de conserver les exigences de séparation des déchets et de respecter la hiérarchie de traitement.

Des acteurs spécialisés dans la gestion des déchets post-catastrophe

Outre quelques acteurs publics qui commencent à s'intéresser à la question de manière plus ou moins régulière (Région⁸² Provence-Alpes-Côte d'Azur, Guadeloupe, Ile-de-France ; DEAL Guadeloupe ; Dracénie Provence Verdon agglomération pour les inondations ; DDTM de Nice pour les séismes ; communauté de communes de Marie-Galante pour les ouragans ; etc.), certains acteurs privés de la gestion des déchets commencent également à s'adapter. Nous pouvons par exemple citer :

- L'entreprise Sclavo qui opère en Dracénie, territoire régulièrement touché par des inondations, a l'habitude d'adapter ses chaînes de tri à des déchets boueux ;
- L'éco-organisme Ecosystem qui a mis en place un processus d'intervention après une catastrophe (voir p. 177, § 4.1.1) ;
- Le bureau d'étude Néo-Eco qui est intervenu en Ukraine et après l'explosion du port de Beyrouth au Liban et qui prépare une étude pour la reconstruction après les séismes de 2023 en Turquie, afin de réutiliser au mieux les déchets de la catastrophe pour la reconstruction du territoire ;

⁸² Si l'obligation de planification est la même pour toutes les Régions, toutes ne se sont pas penchées sur le sujet de la même manière et n'ont pas enclenché des travaux sur la question.

- Le GEIDE (Le Groupement d'Expertise et d'Intervention Déchets post-catastrophe), une association de loi 1901 qui se consacre à la prévention et à la réalisation de missions d'expertise sur la gestion des déchets post-catastrophe.

Toutefois, ces acteurs restent encore des exceptions. La mise en place de filières de gestion des déchets post-catastrophe pourrait permettre l'établissement d'acteurs spécialisés dans la gestion des déchets post-catastrophe via deux canaux :

- La spécialisation des acteurs déchets qui interviennent « malgré-eux » sur la gestion des déchets post-catastrophe, comme ceux que nous avons pu identifier dans le cas de la tempête Alex. A l'instar des exemples ci-dessus, les acteurs déchets pourraient élargir leurs compétences.
- Le développement de nouveaux acteurs dédiés exclusivement à la question, comme c'est par exemple le cas de certaines entreprises spécialisées aux Etats-Unis, où le marché s'agrandit (Brown et al., 2011). En France, le nombre et l'ampleur des catastrophes étant relativement moindre, l'élargissement des compétences des acteurs existants semble plus probable que cette deuxième voie.

L'apparition d'acteurs spécialisés permettrait le développement de compétences solides sur les déchets post-catastrophe, et donc, *a fortiori*, d'améliorer la gestion. On peut ainsi imaginer plusieurs types d'acteurs :

- Des acteurs spécialisés dans le nettoyage du territoire, à la fois pour les déchets dispersés dans les milieux urbains et naturels et pour les déchets des sinistré-es, et le tri des déchets à la source ;
- Des acteurs spécialisés dans la collecte et le transport des déchets post-catastrophe, avec notamment les moyens mécaniques pour atteindre les espaces difficiles d'accès (rivières encaissées, routes endommagées ou détruites, etc.) ;
- Des acteurs spécialisés dans le réemploi des matériaux pour la reconstruction du territoire ;
- Des acteurs travaillant sur la prévention et la diminution des déchets de la gestion de crise (limitation des dons en surplus, des emballages, organisation des espaces accueillant les sinistré-es, mise en place de solution de compostage, etc.)

Plus largement, la préfiguration de filières de gestion des déchets post-catastrophe amènerait probablement à des études de marché qui permettraient une meilleure connaissance des besoins, notamment des gisements et des quantités estimées.

Difficultés pour mobiliser les acteurs et financer la filière

Cependant, les filières de gestion des déchets restent, malgré les points soulevés sur la création de valeurs au chapitre 2 (p. 115), des filières économiques. Dès lors, comment mobiliser des acteurs entièrement dédiés à des activités ponctuelles, particulièrement incertaines sur un territoire restreint ? Le problème ici est le lien entre le système fonctionnel, en situation initiale, et les phases de la gestion de crise, qui nécessitent de mobiliser des moyens inhabituels.

Pour pallier le manque d'activités à l'échelle locale, les acteurs pourraient éventuellement se développer à une échelle plus grande (par exemple toute la France, ou toute une région, éventuellement transfrontalière) afin de mutualiser les ressources, mais la gestion des déchets post-catastrophe nécessitent des connaissances assez fines du territoire. C'est une des raisons qui a poussé l'unité locale 06 de la DREAL à refuser de prendre en charge la gestion des déchets post-Alex, ainsi qu'un des points mis en avant par la responsable de la CARF : « Heureusement que j'avais un agent de Breil qui connaissait très bien le territoire ». Ce lien entre échelle géographique et ressources financières et techniques et connaissances pour la planification de la gestion des déchets post-catastrophe est assez fort (Figure 61, p. 250).

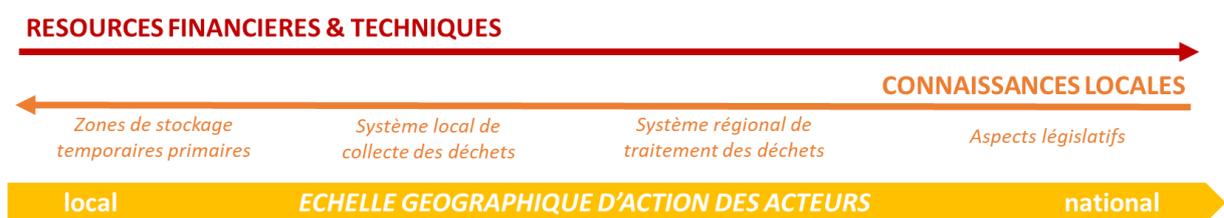


Figure 61 : Evolution des ressources et des connaissances avec l'échelle géographique, d'après (Marchesini, 2022)

Comment également financer la filière ? Si on prend l'exemple des filières à responsabilité élargies des producteur·rices (REP), le modèle de financement principal prévoit des taxes (éco-contribution) sur les produits qui sont ensuite reversées à l'éco-organisme en charge. Dans ce cas, comment décider des produits qui seront soumis à l'éco-contribution « déchets post-catastrophe » ?

De plus, le développement de filières concerne plutôt les producteurs·rices de déchets et les acteurs de la gestion des déchets. Cela ne permettrait donc pas particulièrement de mobiliser les acteurs de la gestion de crise et de la gestion des risques. Or nous avons vu au chapitre 4 que ces acteurs s'intégraient dans le système de gestion des déchets post-catastrophe, et que leurs actions étaient nécessaires pour répondre aux enjeux et besoins supplémentaires créés par la catastrophe.

Ainsi développer des filières de gestion des déchets post-catastrophe semble cohérent avec la réorganisation du système qui émerge de notre étude de cas. Cela permettrait *a priori* d'accélérer le relèvement du territoire, mais pose des questions de financement de ces activités en situation normale pour mobiliser les acteurs, les filières étant avant tout un outil économique. Ce mode d'organisation s'inspire de l'organisation de la gestion des déchets, il pourrait être intéressant à ce stade d'examiner un mode d'organisation inspiré de la gestion de crise. La section suivante se penchera donc sur la possibilité d'organiser la gestion des déchets comme une activité d'importance vitale.

5.2. Organiser le service de gestion des déchets comme une activité d'importance vitale ?

5.2.1. Les activités d'importance vitale

Avant de s'intéresser à la possibilité d'organiser la gestion des déchets comme une activité d'importance vitale (AIV), il convient de revenir sur ce que sont les AIV et quel intérêt elles présentent pour la gestion de crise.

Les infrastructures critiques

Il n'existe pas de définition commune des infrastructures critiques à l'échelle internationale. Néanmoins, toutes les définitions mettent l'accent sur la contribution de l'infrastructure au bon fonctionnement de la société ou sur les risques de dérèglement en cas de perturbation de ces infrastructures (Yang et al., 2023). Le ministère de l'intérieur des Etats-Unis définit les secteurs d'infrastructures critiques (« *critical infrastructure sectors* ») comme les secteurs d'activité dont l'incapacité ou la destruction aurait un effet déstabilisant sur la sécurité, l'économie et/ou la santé publique du pays⁸³. L'Union Européenne définit les infrastructures

⁸³ <https://www.cisa.gov/topics/critical-infrastructure-security-and-resilience/critical-infrastructure-sectors>

critiques comme « *des points ou des systèmes qui sont indispensables au maintien des fonctions vitales de la société, de la santé, de la sûreté, de la sécurité et du bien-être économique ou social des citoyens. Une infrastructure critique européenne (ICE) est une infrastructure critique située dans les pays de l'UE et dont l'arrêt ou la destruction aurait un impact considérable sur deux pays de l'UE au moins (par exemple centrales électriques ou oléoducs de transmission)* »⁸⁴.

La définition et la classification en infrastructure critique évolue en fonction du temps et des priorités des pays. Aux Etats-Unis par exemple, les infrastructures critiques étaient à l'origine considérées comme celles dont les perturbations prolongées pouvaient entraîner des bouleversements militaires et économiques importants. Elles comprennent désormais des monuments nationaux (par exemple, le Washington Monument), où une attaque pourrait causer de nombreuses pertes en vies humaines ou nuire au moral de la nation (Moteff et al., 2003).

CIPedia, un site collaboratif initié par le CIPRENet (Critical Infrastructures Preparedness and Resilience Research Network), recense les secteurs identifiés comme des infrastructures critiques dans 46 pays. Les secteurs le plus souvent identifiés sont :

- Economie et finance ;
- Services gouvernementaux ;
- Télécommunication ;
- Sécurité ;
- Energie ;
- Santé ;
- Transport, logistique, distribution ;
- Eau et assainissement ;
- Alimentation ;
- Protection de l'environnement.

Ainsi, certains systèmes sociotechniques urbains sont largement considérés comme des infrastructures critiques : télécommunication, énergie, transport, eau et assainissement. Ce n'est pas le cas de la gestion des déchets solides, qu'on ne décompte que deux fois (en Norvège et en Suisse) dans le recensement des infrastructures critiques effectué sur le site⁸⁵.

⁸⁴ <https://eur-lex.europa.eu/FR/legal-content/summary/protecting-critical-infrastructure.html>

⁸⁵ https://websites.fraunhofer.de/CIPedia/index.php/Critical_Infrastructure_Sector#cite_note-36

Les Etats-Unis mentionnent les déchets nucléaires, et certains pays « l'environnement » (le Danemark, la Macédoine du Nord, la Norvège – dans un item séparé de la gestion des déchets, la Corée du Sud, la Slovénie, le Vietnam). Même le Japon et les Etats-Unis, plus avancés sur la gestion des déchets post-catastrophe, n'identifient par la gestion des déchets comme un secteur d'infrastructures critiques.

Les secteurs d'activités d'importance vitale (SAIV)

Le gouvernement français ne parle pas d'infrastructure critique mais d'*activités d'importance vitale* (AIV).

Les activités d'importance vitale sont des activités qui contribuent « à la production et à la distribution de biens ou de services indispensables à l'exercice de l'autorité de l'État, au fonctionnement de l'économie, au maintien du potentiel de défense ou à la sécurité de la Nation ». Ces activités sont, par nature, difficiles à substituer ou à remplacer (Secrétariat général de la Défense et de la Sécurité nationale, n.d.). Il existe ainsi 12 secteurs d'activités d'importance vitale, répartis en quatre dominantes (Figure 62, p. 254).

Ici non plus, la gestion des déchets n'est pas considérée comme un secteur d'activité d'importance vitale (SAIV). Les systèmes sociotechniques urbains identifiés comme tel sont :

- Les réseaux de transport ;
- Les réseaux d'énergie ;
- Les réseaux de télécommunication ;
- Les réseaux d'eau et d'assainissement.

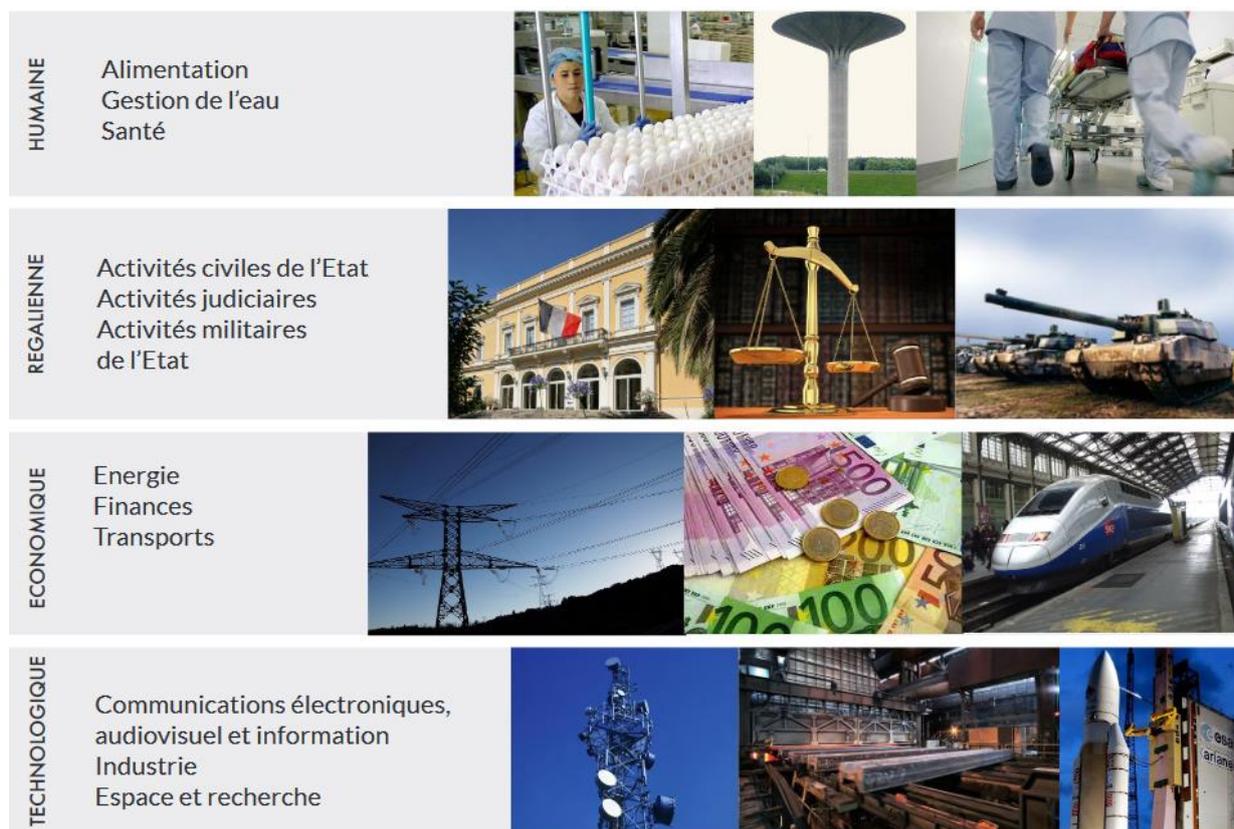


Figure 62 : Les 12 activités d'importance vitale en France (Secrétariat général de la Défense et de la Sécurité nationale, n.d.)

Les SAIV ont été créés en 2006, initialement pour lutter contre le terrorisme en étendant la démarche Vigipirate, puis élargis à tout type de risque : catastrophes naturelles, crises sanitaires, catastrophes technologiques ou accidentelles (Coursaget, 2010). Un des objectifs des SAIV est alors d'associer les opérateurs à la protection de leurs installations, l'Etat ne pouvant à lui seul assurer la protection des milliers d'installations qu'il a identifié comme « points sensibles » ou « installations d'importance vitale », disséminées partout sur le territoire (Sabathé, 2010). La réglementation SAIV est donc un transfert de responsabilité de la protection des installations, de l'Etat vers les opérateurs qui « *sont tenus de coopérer à leurs frais dans les conditions définies au présent chapitre, à la protection desdits établissements, installations et ouvrages contre toute menace, notamment à caractère terroriste* » (article L.1332-1 du code de la défense).

Bien qu'elles tendent à s'ouvrir vers d'autres risques, la législation et la réglementation relatives aux SAIV semblent être encore orientées principalement pour protéger les opérateurs et les installations d'importance vitale contre la malveillance et le terrorisme. A ce sujet on voit notamment une légère différence entre les plaquettes de présentation

(Secrétariat général de la Défense et de la Sécurité nationale, n.d.; SGDSN, 2018), qui présentent les SAIV comme un dispositif tous risques, et les textes législatifs (SGDSN, 2014) qui semblent toujours très orientés sur le terrorisme et les actes de malveillance. La mission du CGEDD de septembre 2013 sur la vulnérabilité des réseaux d'infrastructures aux risques naturels annonce ainsi : « *La législation et la réglementation relatives aux opérateurs et aux points d'importance vitale trouvent leur origine dans la nécessité de protéger ces opérateurs et installations contre la malveillance et le terrorisme, davantage que contre d'autres aléas (technologiques ou naturels) : le SGDSN (direction de la protection et de la sécurité de l'État) et le SDSIE ont confirmé ce point à la mission.* », tout en précisant l'identification de ces opérateurs et de ces installations est pertinente vis-à-vis des autres aléas, notamment naturels et technologiques (CGEDD, 2013, p. 21).

Obligations réglementaires des opérateurs d'importance vitale

Les ministères de tutelle des différents secteurs concernés, via des *ministres coordinateur-rices*, identifient alors des « opérateurs d'importance vitale » (OIV). Ils établissent des directives nationales de sécurité (DNS) : « *fondées sur une analyse de risque du secteur concerné en tenant compte des scénarios de menaces élaborés par le ministre coordonnateur, la ou les directives nationales de sécurité d'un secteur d'activités d'importance vitale précisent les objectifs et les politiques de sécurité du secteur ou d'une partie du secteur* » (SGDSN, 2014).

Ces DNS sont déclinées en plans de sécurité d'opérateur (PSO) par les opérateurs (si les opérateurs gèrent plusieurs points d'importance vitale). Les opérateurs y définissent la politique générale de protection de l'ensemble de leurs activités, notamment celles organisées en réseau, en explicitant les mesures permanentes de protection et les mesures temporaires et graduées. Ils identifient à leur tour la liste des points ou installations d'importance vitale qu'ils gèrent. Ils doivent également désigner un-e délégué-e à la défense et à la sécurité pour faire le lien avec les autorités administratives (SGDSN, 2014).

Les points d'importance vitale (PIV) (sites de production, centres de contrôle, nœuds majeurs, centres informatiques, etc.), sont particulièrement vulnérables car ils dépendent d'autres activités et/ou du fonctionnement des autres réseaux techniques. « *Ils illustrent les problèmes liés aux interdépendances au sein de chaque activité d'importance vitale et entre chacune d'entre elles* » (Moatty and Dubos-Paillard, 2020). Un plan particulier de protection (PPP) est

alors décliné pour chaque point ou installation d'importance vitale. Des plans de protection externes (PPE), réalisés par le préfet de département pour définir les mesures de protection et de réaction des pouvoirs publics, sont couplés aux PPP (SGDSN, 2014). La Figure 63 (p. 256) synthétise le dispositif SAIV.

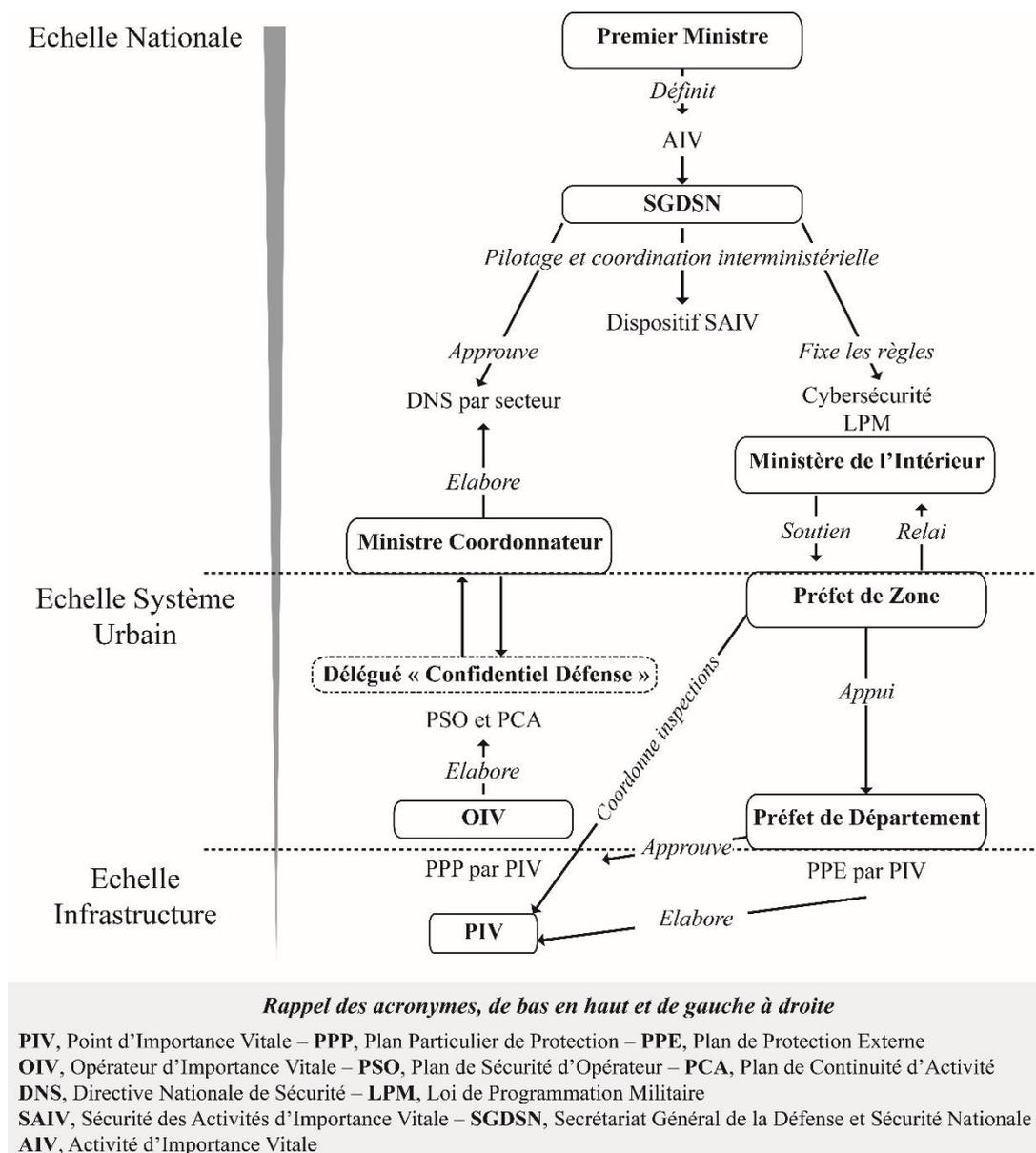


Figure 63 : Acteurs et dispositifs de sécurité des AIV (Moatty and Dubos-Paillard, 2020)

Malgré l'orientation des DNS/PSO/PPP/PPE vers la malveillance et le terrorisme, les opérateurs d'importance vitale doivent :

- Identifier les risques auxquels ils sont confrontés et leurs conséquences ;
- Appliquer les mesures de prévention ;
- Élaborer des procédures d'urgence dont un plan de continuité des activités (PCA). Ces plans de continuité d'activité se basent sur un diagnostic de vulnérabilité du réseau et doivent prévoir à la fois la gestion de crise, la sortie de crise et la phase de reconstruction (Moatty and Dubos-Paillard, 2020).

Outre leurs obligations internes, ces opérateurs sont intégrés dans les stratégies nationales de sécurité en matière de protection contre les actes de malveillance et les risques naturels, technologiques et sanitaires. Ils sont donc pris en compte dans les politiques de prévention des risques et de gestion de crise par les responsables publiques, notamment par les préfetures départementales.

Malgré un certain nombre de difficultés (voir Tableau 38, p. 257), l'organisation de la prévention et de la réponse aux catastrophes naturelles des systèmes sociotechniques urbains identifiés comme d'importance vitale est donc relativement plus avancée que celle du système de gestion des déchets.

Tableau 38 : Difficultés des services techniques urbains à développer les politiques relatives aux réglementations des activités d'importance vitale

Difficulté	Citation	Source
Prise en compte des interdépendances entre AIV	« Les plans de résilience de chaque opérateur sont fondés sur l'hypothèse que les autres réseaux fonctionnent bien. Chaque opérateur raisonne comme s'il n'avait que sa propre panne à résoudre, le reste continuant à fonctionner normalement. Or, ce n'est évidemment pas le cas, au contraire (car la chute d'un réseau dégrade l'environnement des autres réseaux). La réflexion sur la « résilience » d'un opérateur, en matière de catastrophe naturelle, devrait être fondée sur une hypothèse « zéro service extérieur » : plus d'internet, plus de courant, plus de transports, plus de réseaux bancaires. »	(CGEDD, 2013)
Inégale prise en compte des différents risques	« Les risques « classiques » bien cartographiés, notamment le risque inondation et le risque sismique, sont pris en compte par les pouvoirs publics (dans leur planification spatiale à travers les PPR) et les opérateurs (dans leurs plans de mise en sécurité et notamment dans les PCA) d'une manière qui a priori apparaît satisfaisante. La prise en compte de l'émergence de nouveaux risques liés au changement climatique et/ou à l'évolution technologique, ou de l'intensification de risques connus, reste à approfondir [ex : submersions marines, températures extrêmes, chutes de neige]. »	(CGEDD, 2013)

Pas d'uniformisation des documents obligatoires	« <i>Écrites par des rédacteurs différents, issues de ministères et de cultures différents, les DNS peuvent être très vagues ou très générales ou à l'inverse très précises. [...] Les scénarii eux-mêmes sont très variés et visent une sorte d'exhaustivité qui peut surprendre l'opérateur. »</i> « <i>Il faut se décider entre une rédaction généraliste et minimaliste qui renvoie l'essentiel aux Plans Particuliers de Protection (PPP) et une rédaction au contraire très précise et exhaustive présentant les dispositifs majeurs de sécurité en modélisant en quelque sorte la posture de protection de l'entreprise. »</i>	(Sabathé, 2010)
Opposition entre intérêts publics et privés	« <i>Les OIV doivent finalement répondre à deux impératifs qui ne sont pas toujours aisément conciliables [...] : les injonctions émanant des autorités publiques, qui ont pour objectif la sûreté territoriale et la sécurité civile et les intérêts économiques et financiers de l'entreprise. »</i>	(Moatty and Dubos-Paillard, 2020)
Mauvaise préparation de la post-crise	« <i>Dans le contexte français, les acteurs disposent de nombreux plans de gestion de crise à différentes échelles – depuis l'ensemble de la zone sinistrée jusqu'à l'échelle du foyer (ORSEC, PCS, PFMS, etc.) – mais pas de plan de gestion de la post-crise. »</i>	(Moatty and Dubos-Paillard, 2020)

5.2.2. Le service de gestion des déchets, une infrastructure d'importance vitale ?

Il nous semble ainsi que le service de gestion des déchets bénéficierait, plus que de la mise en place de filières de gestion des déchets post-catastrophe, de devenir (ou du moins de s'organiser comme) une activité d'importance vitale. A noter que le groupe de travail sur les déchets post-catastrophe lors des travaux pour la loi Grenelle émettait déjà une telle recommandation : « *P2- Considérer la collecte et le traitement des déchets comme un service public à maintenir et à rétablir en priorité en cas de catastrophe au même titre que l'assainissement et ajouter les opérateurs de la collecte et de la gestion des déchets à la liste des opérateurs devant maintenir la satisfaction des besoins prioritaires de la population en cas de crise (art 6 de la loi de modernisation de la sécurité civile du 13 août 2004). »* (Groupe déchet post-catastrophe, 2008)

En quoi le service de gestion des déchets peut-il être considéré comme une activité d'importance vitale ?

Le service de gestion des déchets n'est généralement pas considéré comme « critique » car son dysfonctionnement ne paraît *a priori* pas entraîner des impacts immédiats, notamment sur « *le maintien du potentiel de défense ou à la sécurité de la Nation* » (décret SAIV)⁸⁶.

⁸⁶ On pourrait d'ailleurs critiquer la définition des services et activités d'importance « vitale », dont la raison d'être est le maintien des activités indispensables « *à l'exercice de l'autorité de l'État, au fonctionnement de*

Néanmoins les risques sur l'environnement et la santé d'une mauvaise gestion des déchets post-catastrophe et l'interdépendance du service de gestion des déchets avec les autres services techniques urbains en font selon nous une infrastructure critique.

Risques sur l'environnement et la santé

Comme vu en introduction et au chapitre 1, une mauvaise gestion des déchets post-catastrophe peut entraîner des conséquences environnementales et sanitaires importantes.

Interdépendances du service de gestion des déchets

Charlotte Brown étudiait déjà la question du service de gestion des déchets comme activité d'importance vitale dans son article *Waste Management as a "Lifeline"? A New Zealand Case Study Analysis* (Brown et al., 2010). Elle calcule le niveau de dépendance entre les infrastructures critiques (*lifelines* en Nouvelle-Zélande), entre une semaine et un mois après un tremblement de terre majeur en Nouvelle-Zélande, en y incluant la gestion des déchets municipaux (globalement équivalent à nos déchets ménagers et assimilés) et la gestion des déchets produits par la catastrophe (Tableau 39, p. 260). L'indicateur semi-quantitatif du degré de dépendance va de 0 – pas de dépendance à 5 – dépendance élevée. Les déchets municipaux sont l'infrastructures qui a la plus faible importance totale. La gestion de l'eau (approvisionnement, assainissement et évacuation des eaux pluviales) en dépend tout de même fortement (niveau 4). En revanche les déchets produits par la catastrophe ont une importance totale (42) au-dessus de la médiane (40).

Plusieurs infrastructures en dépendant à un niveau 4, dont les routes, qui sont l'infrastructure avec l'importance la plus élevée, c'est-à-dire dont dépendent le plus les autres infrastructures.

l'économie, au maintien du potentiel de défense ou à la sécurité de la Nation », sans s'intéresser ni à l'environnement, ni même à la santé des populations.

Tableau 39 : Analyse des interdépendances entre les infrastructures critiques après un tremblement de terre (Brown et al., 2010)

On these Lifelines	Assessing the dependency of these Lifelines														Total importance
	Roading	Rail transport	Sea transport	Air transport	Water supply	Sanitary drainage	Stormwater drainage	Electricity	Gas	Fuel supply	Broadcasting	Telecommunications	Municipal waste	Disaster waste	
Roading		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	65
Rail transport	4		4	4	1	1	1	4	3	4	4	4	1	2	37
Sea transport	3	4		2	2	2	2	4	3	5	3	3	1	3	37
Air transport	3	3	3		3	3	3	4	2	3	3	3	1	1	35
Water supply	4	4	3	5		5	4	4	3	4	4	4	2	5	51
Sanitary drainage	3	3	2	3	3		4	1	2	4	3	3	3	3	37
Stormwater drainage															
Electricity	2	2	2	3	3	4		3	3	4	3	3	3	3	38
Gas	5	5	4	5	3	3	3		4	5	5	5	3	4	54
Fuel supply	5	5	3	4	3	3	3	2		4	4	4	2	2	44
Broadcasting	5	5	5	5	1	1	1	5	4		4	4	5	5	50
Telecommunications	2	2	2	5	1	1	1	3	4	4		4	2	4	35
Municipal waste	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4		3	4	58
Disaster waste	2	2	1	1	4	4	4	1	1	1	1	1		3	26
Total dependency	4	4	3	2	3	4	3	3	3	4	2	3	4		42
	47	49	42	49	36	40	38	44	42	52	45	46	35	44	

Notes: One week to one month after a major urban earthquake in New Zealand; 5, high importance; 0, no importance

Hélène Beraud a mesuré la dépendance directe ou indirecte des infrastructures urbaines vis-à-vis du service de gestion des déchets (Tableau 40, p. 260). Elle indique une dépendance directe des routes, canalisations et rails du fait d'un encombrement par les déchets, et indirecte pour les autres services du fait de l'encombrement des réseaux suscités.

Tableau 40 : Mesure de la dépendance des infrastructures urbaines vis-à-vis du service de gestion des déchets (Beraud, 2013, p144)

Infrastructures urbaines		Degré de dépendance		Explications
		Directe	Indirecte	
Réseaux	Routes	X		Encombrements par les déchets
	Canalisations	X		Encombrements par les déchets
	Rails	X		Encombrements par les déchets
Services urbains	Approvisionnement en électricité		X	L'encombrement des routes peut retarder la remise en état du réseau et le rétablissement du service
	Transport		X	L'encombrement des routes ou des rails empêche toute remise en état, et donc tout transport de personnes ou de marchandises
	Approvisionnement en gaz		X	L'encombrement des routes peut retarder la remise en état du réseau et le rétablissement du service
	Télécommunication		X	L'encombrement des routes peut retarder la remise en état du réseau et le rétablissement du service
	Assainissement		X	Liée à l'indisponibilité des canalisations
	Adduction d'eau potable		X	L'encombrement des routes peut retarder la remise en état du réseau et le rétablissement du service

Dans le présent manuscrit, des dépendances sont identifiées au Tableau 14 (§ 3.1.1, p. 137). Les dépendances vis-à-vis du système de gestion des déchets observées après la tempête Alex sont globalement les mêmes. Les travaux effectués permettent de spécifier la répartition

temporelle de ces interdépendances et leur évolution en fonction des différentes phases de la gestion de crise (Tableau 41, p. 261).

Tableau 41 : Répartition temporelle des dépendances des systèmes urbains vis-à-vis de la gestion des déchets après la tempête Alex

	Urgence	Relèvement	Recouvrement
Transport	Blocages des routes par les débris	- Ralentissement de la remise en état des réseaux de transport - Nécessité de décontaminer les wagons transports des DD	Surproduction de déchets de C&D pour la reconstruction
Energie		Ralentissement de la remise en état des réseaux électriques	
Eau et assainissement	Pollution des eaux de la Roya (source d'eau potable)	- Pollution des eaux de la Roya (source d'eau potable) - Ralentissement de la remise en état des réseaux d'eau et d'assainissement	Pollution des eaux de la Roya (source d'eau potable)
Communication		Ralentissement de la remise en état des réseaux de communication	
Gestion de crise	Ralentissement de la progression des secours	Ralentissement de la phase de recouvrement	
Milieu urbain		Impact psychologique fort de la présence de déchets	- Surproduction de déchets de C&D pour la reconstruction - Impact psychologique fort de la présence de déchets
Milieu naturel	- Obstruction des canaux, rivières, qui crée un risque d'inondation. - Risque pour la navigation - Pollution des eaux, des sols et de l'air	Pollution des eaux, des sols et de l'air	- Abandon de déchets dans les milieux naturels. - Pollution des eaux, des sols et de l'air - Utilisation des ressources de gestion de la rivière

La Figure 64 (p. 262) synthétise les interdépendances entre le système de gestion des déchets et six secteurs considérés en France comme des activités d'importance vitale.

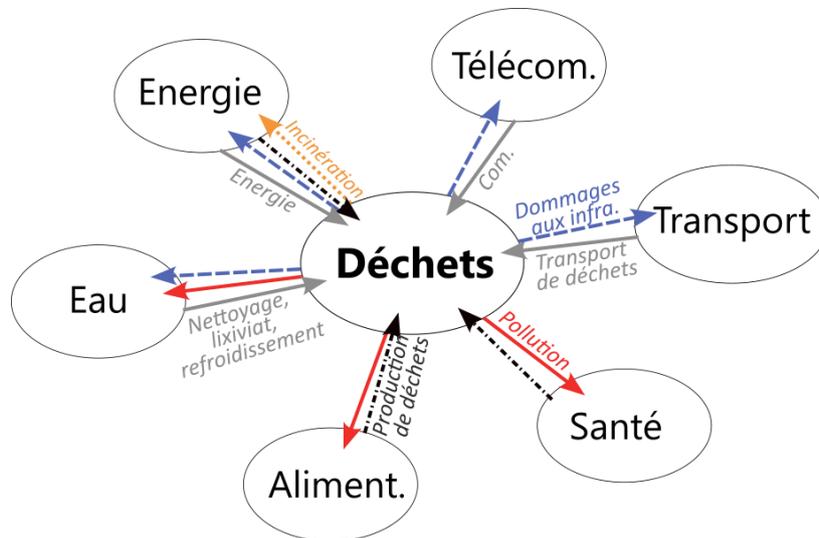


Figure 64 : Interdépendances entre le système de gestion des déchets et les activités d'importance vitale d'après (Marchesini, 2023)

De plus, contrairement à la plupart des autres systèmes sociotechniques qui doivent assurer un service minimum, le système de gestion des déchets est lui sur-sollicité en post-catastrophe du fait de la grande quantité de déchets à traiter.

Impacts économiques

La gestion des déchets post-catastrophe a également des coûts économiques importants. Or, la définition des activités d'importance vitale inclut les services indispensables au fonctionnement de l'économie.

La gestion des déchets post-catastrophe a d'abord un impact direct sur les dépenses de la gestion de la post-catastrophe. D'après une analyse des coûts de différentes catastrophes naturelles survenues aux Etats-Unis, la FEMA (Federal Emergency Management Agency) estimait le coût de la gestion des déchets post-catastrophe à un tiers du coût total de redémarrage du territoire (FEMA, 2007).

La gestion des déchets post-catastrophe risque aussi d'avoir un coût économique important pour les filières de gestion. Après la tempête Alex, de nombreux coûts ont dû être supportés par les acteurs impliqués. La location des hélicoptères coûtait par exemple environ

35 000 € / jour. La CARF a d'abord dû supporter tous les moyens supplémentaires, avant de pouvoir faire une demande de remboursement auprès de l'Union Européenne. Les prestataires n'ont pas surfacturé leur prestation, bien qu'ils aient dû par exemple bloquer des camions et des équipages de collecte une journée entière à cause des heures d'accès limitées sur les routes (source : entretien CARF). Fret SNCF a affrété le train (qui a permis notamment le transport des déchets) et les moyens humains associés (conducteur·rices, responsable de la gestion) à ses propres frais (source : entretien Fret SNCF). Pour des catastrophes de moindre ampleur, les fonds d'urgence ne sont pas toujours débloqués et les collectivités prennent à leur charge les coûts supplémentaires, comme par exemple lors des inondations en Dracénie (source : entretien DPVA).

Charlotte Brown identifie également dans la littérature un certain nombre de coûts indirects : la perturbation des infrastructures essentielles, les effets sur la santé publique, les retards dans le processus de reconstruction, les impacts sur l'économie locale, notamment le tourisme, la réduction des espaces d'enfouissement futurs, la remédiation de l'impact environnemental résultant d'un déversement inapproprié et/ou illégal ou la perte due à la non-récupération des ressources (Brown et al., 2011). Les questions du tourisme sont en particuliers importantes dans les zones littorales, très exposées, comme par exemple récemment l'île de Saint-Martin détruite par la tempête Irma, ou dans notre cas le littoral méditerranéen où le nettoyage des plages était un impératif touristique. Dans certains cas (notamment dans les pays en voie de développement), la gestion des déchets post-catastrophe peut profiter à l'économie informelle (Popescu et al., 2014).

Des points communs avec les autres systèmes sociotechniques urbains

La gestion des déchets peut donc être considérée comme une AIV du fait des risques sanitaires et environnementaux qu'elle présente, des dépendances des autres AIV au système de gestion des déchets et des coûts économiques qu'elle engendre en post-catastrophe. En outre, en tant que système organisé en réseau, le système de gestion des déchets présente un certain nombre de points communs avec les autres systèmes sociotechniques urbains. Ces points communs permettent à la fois de plaider pour une organisation en AIV, et au système de gestion de déchets de s'inspirer de ce qu'il se fait sur les autres systèmes pour organiser la gestion des catastrophes.

Des points communs organisationnels : le système d'assainissement

Le réseau d'assainissement et le réseau de gestion des déchets (solides) sont tous les deux des réseaux qui évacuent des flux de déchets (liquides dans un cas, solides dans l'autre) depuis les points de production jusqu'à des installations de traitement. La fonction principale du système d'assainissement est ainsi d'évacuer et traiter les eaux usées et pluviales afin de réduire les risques sanitaires. De ce fait, les impacts en cas de dysfonctionnement du réseau et notamment de refoulement sont d'abord sanitaires : les eaux usées qui refouleraient dans le réseau seraient en effet très concentrées et risqueraient de propager des maladies. Les risques sont également d'ordre environnemental (rejet des eaux polluées directement dans le milieu naturel) et économique (coûts de réparation des équipements ou de leur arrêt) (Moatty and Reghezza-Zitt, 2018).

Ces deux réseaux tous les deux gérés à des échelles plutôt locales. La « collecte primaire » s'effectue à l'échelle de la commune, puis les flux sont envoyés vers des installations de traitement généralement situées dans le département (parfois plus loin pour les déchets). Vis-à-vis des ménages, les deux compétences sont à la charge des collectivités, qui peuvent opérer soit en régie soit en délégation. L'organisation du réseau peut ainsi différer sensiblement d'un territoire à un autre, et implique de nombreux acteurs.

De la même façon que les déchets post-catastrophe subissent des traitements inappropriés, il est commun en cas de saturation du réseau que le surplus d'eau apporté par une crue ou de fortes pluies soit rejeté dans le milieu naturel sans traitement.

De part ces caractéristiques, le réseau d'assainissement est *a priori* celui qui se rapproche le plus du réseau de gestion des déchets. Les risques sanitaires et environnementaux en cas de catastrophe sont ainsi relativement similaires et la gestion s'organise autour du principe de stockage temporaire pour envoi vers les filières de traitement habituelles.

Il existe bien sûr des différences entre ces deux réseaux, mais elles n'enlèvent pas leurs similitudes fonctionnelles et organisationnelles :

- Le réseau de gestion des déchets est mou (cf. § 2.2.2, p. 109), alors que le réseau d'assainissement est composé d'une infrastructure linéaire. La saturation des installations de traitement des déchets est de ce fait moins immédiate.

- La collecte et le transport des effluents dépendent principalement du réseau d'électricité : si le réseau d'assainissement est principalement gravitaire, il comprend de nombreux éléments de pompages qui sont électrifiés. Le suivi du réseau repose de plus sur de nombreux capteurs qui dépendent également du réseau d'électricité (et de télécommunication). La collecte des déchets solides dépend elle principalement du réseau de transport, notamment routier, l'essentiel du transport étant assuré par camions.

Missions de service public, continuité d'activité et organisation en réseau

Si le système d'assainissement, par ses fonctions et son organisation post-catastrophe, est le système sociotechnique qui se rapproche le plus du système de gestion des déchets, les autres systèmes classés d'importance vitale présentent aussi des points communs avec le système de gestion des déchets.

Tous les systèmes sociotechniques urbains assurent un service public pour lequel ils ont une obligation de continuité d'activité, sont organisés en réseau et déplacent des flux. Comme le système de gestion des déchets, le réseau électrique déplace des flux entre des client-es (à l'échelle locale) et des usines plus ou moins éloignées, en passant par des points de transformation (changement de tensions pour l'électricité, tri/démantèlement/etc. pour les déchets) ; les réseaux de communication sans fil sont également des réseaux mous ; les réseaux de transport fonctionnent de manière non-continue, des déplacements moins importants peuvent être différés ; etc.

Ainsi, ces points entre le système de gestion des déchets et les autres systèmes sociotechniques urbains considérés comme des AIV supportent la possibilité d'envisager le système de gestion des déchets comme une activité d'importance vitale.

Une tendance déjà en action ?

Enfin, il semblerait que l'orientation de l'organisation du service de gestion des déchets comme une AIV, avec notamment une responsabilisation des acteurs de la gestion des déchets et l'implication d'acteurs extérieurs au système (mairies, opérateurs réseaux, préfectures, etc.) en cas de crise, soit une tendance en cours.

Des acteurs de la gestion des déchets qui commencent à être responsabilisés

Les responsabilités concernant la gestion des déchets post-catastrophe sont encore loin d'être claires et de faire consensus, avec d'un côté des acteurs de la gestion des déchets qui considèrent ne pas avoir à gérer des périodes de catastrophe, et de l'autre des acteurs de la gestion de crise qui ne s'intéressent pas à la question des déchets. Cependant, des responsabilités commencent à se dessiner. Ainsi, depuis 2010, le code de l'environnement oblige les responsables des planifications déchets (les départements à l'époque, les régions depuis la loi NOTRe en 2015) à intégrer une partie sur les déchets de situation exceptionnelle dans leurs plans. Outre l'obligation donnée aux régions, notamment sur « *l'identification des installations permettant de collecter et de traiter les déchets produits en situation exceptionnelle* », l'article R541-16⁸⁷ du code de l'environnement indique que « *les précisions concernant l'organisation de la collecte sont coordonnées avec les **dispositions relatives à la sécurité civile prises notamment par les communes et leurs groupements.*** »

La plupart des plans régionaux annoncent alors, sur la base du guide du CEREMA sur la planification de la gestion des déchets post-catastrophe, que l'identification des zones de stockage temporaire doit se faire dans les PCS (plans communaux de sauvegarde).

De plus, les cahiers des charges des éco-organismes commencent à inclure des obligations de gestion des déchets issus de situations exceptionnelles. C'est notamment le cas du cahier des charges des DEEE⁸⁸ ou de la nouvelle filière PMCB⁸⁹ (produits et matériaux de construction du secteur du bâtiment) : « *3.4. Reprise des déchets de PMCB issus des catastrophes naturelles ou accidentelles. L'éco-organisme, le cas échéant sous l'égide de l'organisme coordonnateur, reprend sans frais, auprès des collectivités territoriales et de leurs groupements qui en formulent la demande, les PMCB relevant de son agrément qui sont produits lors de catastrophes naturelles ou accidentelles, dès lors que ces déchets ont été préalablement extraits et triés, et qu'ils ne n'ont pas été contaminés par des substances chimiques ou radioactives.* »

⁸⁷ https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000042662973

⁸⁸ Arrêté du 27 octobre 2021 portant cahiers des charges des éco-organismes, des systèmes individuels et des organismes coordonnateurs de la filière à responsabilité élargie du producteur des équipements électriques et électroniques <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000044273082>

⁸⁹ Arrêté du 10 juin 2022 portant cahier des charges des éco-organismes, des systèmes individuels et des organismes coordonnateurs de la filière à responsabilité élargie du producteur des produits et matériaux de construction du secteur du bâtiment : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000045940429>

Comme nous avons pu le voir, certains acteurs de la gestion des déchets prennent également des initiatives sur le sujet : entreprise Sclavo et bureau d'étude Néo-Eco (§ 5.1.3, p. 248), communauté d'agglomération de Draguignan (§ 4.1.1, p. 177). De même, certains acteurs de la gestion de crise considèrent déjà l'importance de prendre en compte la question de la gestion des déchets post-catastrophe comme la DDTM des Alpes Maritimes qui inclut l'identification des zones de stockage temporaire dans le plan séisme de Nice.

Un plan national de résorption des décharges littorales a également été lancé en 2022⁹⁰. Bien que ne se revendiquant pas de la gestion des déchets post-catastrophe, ce plan contribuera fortement à diminuer l'impact du système de gestion des déchets sur l'environnement en cas de catastrophe, notamment de submersions marines. En effet, un certain nombre d'anciennes décharges ont été construites en front de mer, et risquent aujourd'hui de s'éventrer en cas de tempête ou de recul du trait de côte, comme cela a par exemple été le cas après la tempête Xynthia (Robin des Bois, 2010) ou plus récemment après la tempête Gloria à Céret (Pyrénées Orientales) en 2020⁹¹.

Un système qui s'élargit en post-catastrophe

De plus, l'analyse fonctionnelle réalisée sur la gestion des déchets après la tempête Alex dans la vallée de la Roya montre un élargissement du système de gestion des déchets en post-catastrophe. Ainsi, de nombreux acteurs se sont retrouvés impliqués, involontairement mais de fait, dans la gestion des déchets post-catastrophe. Or, nombre de ces acteurs seraient concernés si la gestion des déchets devenait une activité d'importance vitale. Outre bien sûr les acteurs de la gestion des déchets, c'est le cas notamment des mairies, de l'armée ou encore des syndicats de rivière. Cela obligerait toutefois les services de l'Etat (préfecture, DDTM, DREAL), qui ont été peu présents sur la question des déchets après la tempête Alex, à s'impliquer plus.

Ainsi, sans que le service de gestion des déchets ne soit pas considéré comme une AIV, nous pouvons observer une certaine tendance vers cette organisation, aussi bien via les outils législatifs que sur des retours d'expérience. Bien que cette tendance reste à ses balbutiements

⁹⁰ <https://www.cerema.fr/fr/plan-national-resorption-decharges-littorales>

⁹¹ <https://www.francebleu.fr/infos/environnement/l-etat-va-financer-un-vaste-chantier-de-depollution-a-ceret-pour-eviter-une-catastrophe-ecologique-1636743859>

et soit encore loin de se généraliser, elle existe et permettrait de s'appuyer sur l'existant pour améliorer la gestion des déchets post-catastrophe.

5.2.3. Quels apports pour la gestion des déchets post-catastrophe ?

Considérer la gestion des déchets comme une activité d'importance vitale permettrait, selon nous, d'améliorer la gestion des déchets en cas de catastrophe, notamment via plus de préparation.

Une accélération de la prise de mesures

Identifier le service de gestion des déchets comme une AIV pourrait participer à son intégration comme enjeu prioritaire par les acteurs de la planification de la gestion de crise, et accélérer la mise en place de mesures pour préparer la gestion des déchets post-catastrophe.

C'est par exemple ce qu'il s'est passé avec le réseau d'assainissement en Ile-de-France, dont la prise en compte de la vulnérabilité a été plus tardive que celle d'autres réseaux techniques comme les transports souterrains. Les crues de la Seine et de la Marne de 2016 et 2018, ainsi que l'exercice EU Sequana (2016) ont permis aux acteurs de la gestion de crise de réaliser l'importance du système d'assainissement dans la gestion de crise et le relèvement. L'assainissement a été intégré comme enjeu prioritaire par les acteurs de la planification, notamment dans les différents groupes de travail de la Stratégie Locale de Gestion du Risque d'Inondation (SLGRI)⁹². Outre la considération du système d'assainissement par les acteurs de la gestion de crise, cela a permis l'accélération de l'acquisition des connaissances sur le sujet, avec la mise en place d'objectifs à court terme, sur la connaissance de la vulnérabilité des composantes du système, et à moyen terme, sur la connaissance des réseaux de collecte et de transport (Moatty and Reghezza-Zitt, 2018).

Adaptation « structurelle »

Identifier les gestionnaires de déchets comme des opérateurs d'importance vitale les obligerait à développer notamment des plans de continuité d'activité (PCA), en plus de ceux déjà obligatoires pour les gestionnaires d'installations, mais qui ne concernent pas forcément

⁹² Le réseau francilien a tout de même avant cela bénéficié ces dernières décennies de nombreux travaux pour améliorer sa résilience. Des efforts de modernisation du réseau, de création d'espaces de stockage supplémentaires et de construction pour stations de traitement des eaux usées pour quadriller le territoire et permettre une réorientation des flux ont été faits (Moatty and Dubos-Paillard, 2020).

les catastrophes naturelles. Cela les amènerait à se questionner sur leur résilience et la réorganisation du système après une catastrophe. Plusieurs points pourraient ainsi être adaptés, agissant sur différentes phases de la gestion de crise :

- La mise en place des mesures de protection du matériel et des infrastructures de manière systématique, notamment pour les installations de traitement situées en zone inondable, peut permettre de limiter les réparations, accélérant ainsi le relèvement, et d'améliorer la disponibilité du matériel pour gérer les déchets pendant les phases de relèvement et de recouvrement.
- La systématisation de l'identification des ZST en amont doit permettre de démarrer plus rapidement le nettoyage du territoire, et donc accélérer le début de la phase de relèvement. Des moyens légers (barrières, rubalises, pancartes de tri) pourraient être stockées par les mairies (qui *a priori* possèdent déjà les deux premiers items) pour mettre en place rapidement ces ZST, favorisant ainsi le tri des déchets à la source et augmentant le recyclage pour un meilleur recouvrement.
- Sur le plus long terme, la question de la résilience post-catastrophe peut aussi permettre d'interroger certains éléments quotidiens, comme la fréquence des collectes ou la prévention des déchets. Certains territoires montagneux sont par exemple habitués à rester isolés l'hiver en cas de chute de neige et ont des moyens de stockage sur place adaptés à ces situations⁹³. Il a également été pointé lors de la tempête Alex que la pression sur les collectes aurait pu être largement diminuée si le compostage avait été développé dans les territoires sinistrés. Cela aurait également pu éviter le brûlage à l'air libre des cartons, qui auraient pu être compostés.
- S'inspirant de ce qui se fait sur d'autres réseaux⁹⁴, les gestionnaires de déchets pourraient mettre en place des groupes d'intervention, avec du matériel adapté aux

⁹³ Notons d'ailleurs que l'habitude de l'arrêt des collectes en cas de neige n'entraîne pas forcément une acceptation de l'arrêt des collectes par d'autres types de perturbation. Le hameau de Castérino (commune de Tende) est celui qui est resté le plus longtemps inaccessible par la route après la tempête Alex. La CARF a dû envoyer des 4x4 par les chemins forestiers pour assurer la collecte après la tempête. Elle a toutefois pu arrêter lorsqu'il s'est mis à neiger car en situation normale les collectes sont arrêtées en cas de neige.

⁹⁴ Suite aux tempêtes de 1999, EDF a créé la Force d'intervention rapide d'électricité (FIRE) (<https://www.enedis.fr/coupures-de-courant-faire-face-aux-aleas-climatiques>), gérée par Enedis depuis la scission d'EDF en 2008. Cette force permet à Enedis de mobiliser du matériel et des salariés rapidement et depuis toute la France pour rétablir au plus vite le courant dans une région touchée par une catastrophe naturelle ou autres avaries. RTE possède des forces similaires appelées Groupe d'intervention prioritaire (GIP). Ces groupes sont composés de « salariés entraînés, munis des engins et des matériels pour intervenir sur le terrain au plus

situations exceptionnelles, en mutualisant éventuellement les ressources entre plusieurs gestionnaires et en répartissant ces groupes en différents points du territoire pour assurer une couverture optimale. Peu utiles en phase d'urgence, ces groupes pourraient être mobilisés dès la phase d'urgence terminée pour accélérer le relèvement du territoire.

Liens avec les autres acteurs de la gestion des catastrophes

Enfin, inclure le service de gestion des déchets dans le dispositif des AIV permettrait de l'inclure dans la culture commune de gestion de crise. Outre une prise en compte par la préfecture, les gestionnaires déchets participeraient aux exercices communs de gestion de crise. Cela leur permettrait d'identifier les autres acteurs et leurs enjeux, et *vice versa* de faire connaître leurs propres enjeux aux autres acteurs. Cela pourrait entraîner une meilleure interconnaissance et, *in fine*, une meilleure coordination. Un enjeu majeur dans la vallée de la Roya a par exemple été la logistique, avec d'une part le partage des espaces disponibles au niveau de la *drop zone*, et d'autre part le remplissage des wagons pour les aller-retours des trains. Une gestionnaire de la CARF a ainsi partagé en entretien le témoignage suivant : « *La draisine arrive à 8h, le camion qui collecte ne peut venir qu'à 16h, qu'est-ce que je fais de toutes les poubelles en attendant ? Les emplacements [à la drop zone] étaient chers mais j'avais réussi à organiser un endroit de présentation des bacs pleins pour que les camions poubelles puissent accéder en marche arrière. Un jour les camions poubelles arrivent, et d'autres camions s'étaient garés là, à la place des poubelles, parce qu'ils n'avaient pas de place ailleurs.* »

Un autre point de difficulté après la tempête Alex a été la gestion des bénévoles, qui sont arrivés par centaines à Breil-sur-Roya (seule commune accessible de la vallée). Or, si les bénévoles peuvent difficilement intervenir sur la réparation des autres réseaux techniques, leur rôle est primordial dans le nettoyage du territoire, et donc la gestion des déchets. Une meilleure connaissance de ces problématiques en mairie aurait permis de mieux les orienter. Outre les associations et les bénévoles, ces actions pourraient également être menées par les réserves communales de sécurité civile⁹⁵.

vite » et doivent pouvoir être mobilisés en moins d'une demi-journée (<https://www.rte-france.com/l-heritage-de-la-tempete/2.html>).

⁹⁵ Les réserves communales de sécurité civile sont créées par la loi n° 2004-811 de modernisation de la sécurité civile du 13 août 2004. Elles sont composées de citoyen·nes volontaires et bénévoles, placés sous l'autorité des

L'assimilation de la culture de la gestion de crise par les acteurs de la gestion des déchets pourrait également entraîner une systématisation des retours d'expérience et améliorer le partage de connaissances sur le sujet. Par exemple, après la tempête Xynthia, Trivalis (syndicat responsable de la gestion des déchets ménagers en Vendée) avait envoyé des ambassadeur·rices de tri pour aider les sinistré·es en leur rappelant les règles de tri ou les modalités de passage des assurances. Cette initiative a été très bien perçue par les sinistré·es et par les services déchets (Trivalis, 2010) et a fait partie des actions recommandées après le retour d'expérience de Robin des bois mandaté par l'ADEME (Robin des Bois, 2010). Toutefois, il semble qu'elle n'a pas été mise en place après les catastrophes naturelles ayant touché la France depuis : inondations en Ile-de-France en 2016 (GEIDE and Robin des bois, 2017), ouragan Irma en 2017 (Robin des bois, 2018), tempête Alex en 2020, etc.

maires et pouvant être mobilisé·es en appui des pouvoirs publics pour prévenir et gérer les risques majeurs sur leur commune.

Conclusion du chapitre 5

Ce chapitre a mis en avant la réorganisation des filières de gestion des déchets en post-catastrophe. Après la tempête Alex, la filière déchets ménagers, devenue en quelque sorte une filière « tout venant », et la filière déchets verts ménagers, séparée en plusieurs filières en fonction de la localisation du bois, ont été particulièrement suractivées. Les suractivations et désactivations de filières dépendent de la phase de la gestion de crise considérée (survenue de l'aléa, urgence, relèvement, recouvrement). Au-delà des suractivations, il est possible de considérer des pseudo-filières qui répondent en partie aux critères de caractérisation des filières. Les résultats de l'analyse permettent d'appuyer l'hypothèse de l'apparition de nouvelles filières de gestion des déchets post-catastrophe, ou du moins de pseudo-filières répondant globalement aux éléments de caractérisation des filières.

Le développement opérationnel de telles filières permettrait notamment d'accélérer le nettoyage et donc le relèvement du territoire. Toutefois, outre les risques de baisse des normes environnementales, il semble difficile de mobiliser des acteurs économiques en situation fonctionnelle pour créer des filières.

Une autre possibilité serait d'envisager le service de gestion des déchets comme une activité d'importance vitale. Cela permettrait de responsabiliser les acteurs de la gestion des déchets, et de faire prendre en compte la question par les acteurs de la gestion de crise.

Il faut cependant noter que les dispositifs et les responsabilités liées au statut d'activité d'importance vitale sont encore très tournés vers la gestion de l'urgence. L'anticipation des phases de relèvement et surtout de recouvrement n'est pas encore très bien prise en compte, ce qui peut poser problème pour la résilience sur le long terme des réseaux urbains (Moatty and Dubos-Paillard, 2020). C'est particulièrement le cas pour les déchets, qui n'est en effet pas prioritaire en post-catastrophe, mais dont une mauvaise gestion au début du relèvement diminue sensiblement les possibilités de tri.

Un des obstacles à l'identification du service de gestion des déchets comme AIV est que ces AIV sont encore fortement tournés vers des questions de sécurité face aux malveillances et aux menaces terroristes. De plus, les risques sur l'environnement et la santé ne sont pas

présentés comme une priorité par rapport aux enjeux économiques et de sécurité. Une redéfinition des AIV intégrant mieux ces enjeux remonterait à coup sûr la criticité du système de gestion des déchets.

Chapitre 6 : Quelles perspectives pour l'organisation de la gestion des déchets post-catastrophe et sa planification ?

Sommaire

Chapitre 6 : Quelles perspectives pour l'organisation de la gestion des déchets post-catastrophe et sa planification ?	274
Sommaire.....	274
Introduction du chapitre 6.....	276
6.1. Quelle avancée de la planification des déchets post-catastrophe dans le monde ? 277	
6.1.1. Quelles planifications de la gestion des déchets post-catastrophe à l'internationale ?	277
6.1.2. Etat de la planification des déchets post-catastrophe en France.....	285
6.1.3. Des difficultés générales pour mettre en place des planifications de la gestion des catastrophes naturelles	289
6.1.4. Des difficultés spécifiques aux déchets post-catastrophe.....	293
6.2. Quel processus de planification mettre en place ?	297
6.2.1. Evaluer les possibilités de planification : couplage des indicateurs de Brown et des temporalités de la gestion de crise	297
6.2.2. La planification, une responsabilité multi-acteur	299
6.2.3. Quelles étapes de la planification faut-il prioriser ?	305
6.2.4. Quelles stratégies pour opérationnaliser la planification ?	312
Conclusion du chapitre 6	322

Introduction du chapitre 6

L'analyse fonctionnelle déployée au chapitre 4 a fait naître des perspectives en termes d'organisation de la gestion des déchets post-catastrophe (chapitre 5), mais aussi de planification. En effet, alors que la littérature montre le rôle positif joué par la préexistence d'une planification (Crowley, 2017) celle-ci est souvent inexistante ou incomplète.

Or, en l'absence de planification, une mauvaise gestion des déchets issus de situation exceptionnelle (DSE) peut avoir des conséquences économiques, environnementales, et sociales importantes (Beraud, 2013; Brown, 2012). Ces conséquences dépassent donc le seul domaine des déchets : elles concernent le développement du territoire dans son ensemble.

Avec l'apparition de ces enjeux, la planification de la gestion des déchets post-catastrophe émerge timidement en France, à la fois dans les planifications de la gestion des déchets, avec l'obligation faite aux Régions d'intégrer un volet « déchets de situation exceptionnelle » dans les plans régionaux, et dans certaines planifications de gestion de crise, dans lesquelles des acteurs épars commencent à intégrer le sujet. Ce chapitre couplera les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe (§ 3.2.1, p. 145) et les six temporalités de la gestion de crise utilisées dans l'analyse fonctionnelle (§ 3.1.2, p. 141) pour discuter de la planification pré-catastrophe de la gestion des déchets post-catastrophe en France, au vu des éléments existants.

Avant cela, le chapitre reviendra sur les travaux et les planifications existantes des déchets post-catastrophe à l'international pour mettre en avant les connaissances sur le sujet : formes des planifications, difficultés pour les mettre en place, etc.

6.1. Quelle avancée de la planification des déchets post-catastrophe dans le monde ?

6.1.1. Quelles planifications de la gestion des déchets post-catastrophe à l'internationale ?

Inventaires des planifications internationales

On trouve assez peu de plans pour la gestion des déchets post-catastrophe. Nous avons cherché à inventorier les documents existants.

Tableau 42 (p. 278) recense les pays où des documents de planification de la prévention et de la gestion des DSE ont été identifiés. A noté que les documents ont été identifiés soit via des recherches Google en français, en anglais et en espagnol, soit grâce à des mentions dans des articles dans les mêmes langues ou des échanges avec des chercheur-euses des pays concernés (voir Tableau 1, en introduction, p. 37), il est possible qu'il en existe d'autres.

Les échelons étant variables selon les pays, ils ont été regroupés de la manière suivante : **Echelle supranationale** : continent, groupement d'Etat... ; **Echelle nationale** : pays, niveau fédéral (USA) ; **Echelle infranationale 1** : région (France), préfecture (Japon), Etat (USA) ; **Echelle infranationale 2** : intercommunalité, département (France), comté/paroisse (USA), groupement de communes... ; **Echelle infranationale 3** : commune. Les **X** signifie que les documents étaient présents de manière systématique (par exemple, toutes les régions françaises possèdent un plan de gestion des DSE) ou quasi systématique (par exemple, 60% des communes japonaises possèdent un plan de gestion des DSE) sur le territoire. Par définition, l'existence d'un document à l'échelle supranationale ou nationale sur un territoire rend sa présence systématique. T signifie que des travaux sont en cours, L signifie qu'il n'y a pas de document de planification mais qu'il existe des éléments législatifs.

Seuls les documents ayant des éléments formellement orientés sur les déchets post-catastrophe sont considérés ici. Par exemple en France, on trouve des éléments pour prévenir leur production dans les DICRIM mais ce n'est pas vraiment l'objectif de ces documents, ils ne sont donc pas comptabilisés dans ce tableau.

Tableau 42 : Echelle administrative des documents de planification inventoriés en fonction des pays

Echelon	Supranational	National	Infranational 1	Infranational 2	Infranational 3
Europe					
France	L	X	X	x	
Italie	L	L			
Asie					
Chine		X			
Corée du Sud		X			
Indonésie	X	T			
Japon		X	X		X
Malaisie	X	T			
Sri Lanka	X	T			
Turquie		T			
Amérique du Nord					
Etats-Unis		X	X	x	x
Amérique latine					
Amérique latine et Caraïbes	X				
Chili	X	X			
Colombie	X				x
Equateur	X				
Honduras	X	X			
Mexique	X	Covid			
Pérou	X	X			
Océanie					
Australie			x	x	
Nouvelle-Zélande		X	x		
Iles du Pacifique	X	T			

L'inventaire des documents de planification réalisé permet d'abord de distinguer différents types de documents traitant de la planification des déchets post-catastrophe (Tableau 43, p. 279). La plupart des documents sont produits par des acteurs publics, à l'exception des contrats qui incluent généralement soit une entité publique et une entreprise privée de gestion des déchets, soit des entreprises privées entre elles. Certains plans peuvent également être des PCA (plans de continuité d'activité) ou des documents similaires d'acteurs privés. Les plans d'action post-catastrophe ne sont mis en place que sur des catastrophes de très grande ampleur, même au Japon où ils sont le plus systématiquement produits. Les paragraphes suivant reviennent plus en détail sur les guides nationaux et les plans locaux identifiés.

Tableau 43 : Types de documents traitant de la planification des déchets post-catastrophe

Documents de contingence (pré-catastrophe)	Documents d'action (post-catastrophe)
<ul style="list-style-type: none"> • Guides • Lois • Plans : <ul style="list-style-type: none"> ○ Plans spécifiques aux DSE ○ Annexe/section spécifique dans des plans de prévention et de gestion des déchets ○ Annexe/section spécifique dans des plans de prévention et de gestion des risques ou des catastrophes ○ Mentions/éléments dans des plans de prévention et de gestion des risques ou des catastrophes • Contrats / accords entre acteurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Plans d'action • Décrets

Les guides nationaux : un pas vers l'opérationnalisation

Les documents les plus répandus sont des guides nationaux ou internationaux pour aider à la gestion des déchets post-catastrophe (voir la liste en annexe 4, p. 350). Ces guides n'ont pas de valeur légale, ils n'impliquent aucune obligation et ne sont pas opposables en matière de droit, mais ils visent à aider les acteurs à différentes étapes de la gestion des déchets post-catastrophe. Ils n'ont pas non plus vocation à être appliqués tels quels sur les territoires et présentent plutôt les éléments à considérer lors du développement d'une planification locale : par exemple, ils n'identifient pas de zones de stockage temporaire mais donnent les critères de sélection pour ces zones. A l'exception du guide japonais, dont la réalisation est encadrée légalement par le *Disaster Countermeasures Basic Act*, tous les guides sont mis en place de manière volontaire, parfois dans le cadre de programmes nationaux ou internationaux.

Tous les guides reprennent plus ou moins les mêmes éléments, avec des niveaux de détails différents. Ils affichent tous comme objectif général de servir à améliorer l'efficacité de la gestion des déchets post-catastrophe pour que celle-ci soit plus rapide et que les risques (sanitaires et environnementaux) soient minimisés. Cependant, on peut distinguer quatre types d'objectifs :

- **L'aide opérationnelle** (Ayuda Legal Chile, 2017; CEREMA, 2019; de Salud and Departamento de Emergencias Nacionales en Salud de Honduras, 2010; Ministry of the Environment of Japan, 2018a; OPS., 2003; SPREP, 2020a, 2020b; UNOCHA, 2011) ;
- **L'aide à la planification** (Bay of Plenty Regional Council, 2018a; CEREMA, 2019; EPA, 2019; FEMA, 2007; Ministry of the Environment of Japan, 2018b, 2018a; SPREP, 2020c) ;
- **L'aide à l'obtention de financements** (FEMA, 2007) ;
- **L'aide légale** (Ayuda Legal Chile, 2017).

Une différence intéressante est à noter entre les guides pour les pays en voie de développement et ceux pour les pays développés. Les premiers sont à destination, en plus des autorités, d'un public beaucoup plus large, incluant notamment la société civile ou encore les gérant·es de refuge. Les guides se veulent donc beaucoup plus pratiques et pouvant être utilisés par tous. Les seconds, sauf celui de la FEMA qui inclut des organisations privées à but non lucratif pouvant prétendre à des financements, sont eux uniquement à destination des autorités administratives.

Il existe également quelques différences sur les modes traitements préconisés. Dans les guides pour les pays développés, la hiérarchie de traitement des déchets reste de mise même en période de catastrophe. Les guides pour les pays en voie de développement sont moins uniformes sur ce point. A l'exception des préconisations du guide Asie-Pacifique, réalisé par le ministère de l'environnement japonais (Ministry of the Environment of Japan, 2018b), et qui de ce fait insiste sur l'importance des 3R (Réduire, Réutiliser, Recycler), on trouve les préconisations suivantes :

- 1) Réutilisation et recyclage seulement pour les matériaux de construction (OPS., 2003; UNOCHA, 2011)
- 2) Compostage (de Salud and Departamento de Emergencias Nacionales en Salud de Honduras, 2010; OPS., 2003)
- 3) Incinération des DASRI (OPS., 2003)
- 4) Enfouissement dans des centres contrôlés (OPS., 2003; UNOCHA, 2011)
- 5) Enfouissement « non contrôlé » (pas d'imperméabilisation du site, de traitement des lixiviats, de pré-traitement des déchets, etc...) domestique (fosse de 1m de

profondeur), communal (fosse de 1 m³/50 pers. à 100m des lieux d'habitation), « à grande échelle » (fosse à 1km des lieux d'habitation dans le sens du vent) (de Salud and Departamento de Emergencias Nacionales en Salud de Honduras, 2010; OPS., 2003)

- 6) Incinération à l'air libre (non conseillée à cause des risques sur la santé et des risques d'incendie, à réaliser à 1 km des lieux d'habitation dans le sens du vent si nécessaire) (de Salud and Departamento de Emergencias Nacionales en Salud de Honduras, 2010)
- 7) Disposition à l'air libre en dernier recours (OPS., 2003).

On voit se dessiner ici une autre hiérarchie des modes de traitements des déchets, plus centrée sur l'urgence, les risques sanitaires et avec des moyens moindres. La prise en compte des questions environnementales devient secondaire.

Les guides présentent des outils et ressources pour aider à la préparation ou au suivi de la gestion des déchets post-catastrophe. Outre les outils techniques de quantification des déchets post-catastrophe (HAZUS et USACE aux Etats-Unis, Mécadépi en France) ou d'aide logistique (IWASTE et TRAGIS -Transportation Routing Analysis Geographic Information System aux Etats-Unis), on trouve :

- Des ressources pour identifier les risques ;
- Des outils pour identifier les infrastructures de traitement sur le territoire ;
- Des fiches pour identifier les ressources : infrastructures, matériels, personnels compétents, etc. ;
- Des fiches de suivi : bordereaux de suivi des déchets, registres d'entrées et de sorties des déchets sur les zones de stockage temporaire, registres des événements et de contrôle et suivi des opérations sur les zones de stockage temporaire, fiches de contrôle de la remise en état des sites, etc.

Le guide néo-zélandais réunit ainsi toutes ces fiches de suivi dans un « workbook » avec des tableaux à remplir pour chaque étape de la planification : identification des déchets, identification des sites, identification des personnes en charge, etc... Le guide de la FEMA synthétise lui chaque étape avec les « questions à considérer » et une check-list.

La question des financements est peu traitée. Seuls les guides états-uniens développent des éléments à ce sujet. Le guide de la FEMA précise les critères d'éligibilité aux remboursements

de la FEMA pour tous les types d'activités et de contrats et les procédures d'appel d'offre à privilégier.

Enfin, si les guides s'intéressent aux diverses étapes de la gestion des catastrophes, sous des termes ou des découpages d'actions certes différents, la gestion du temps long et de l'adaptation du système n'est pas très bien traitée.

Des plans locaux encore peu répandus

Si les guides nationaux restent relativement faciles à identifier, l'identification des plans locaux est plus difficile. Ainsi, à notre connaissance, seuls le Japon, les Etats-Unis et la France possèdent des plans couvrant l'ensemble du territoire, mais il est possible que ce soit le cas ailleurs.

Territoire à risque, le Japon fait régulièrement face à des catastrophes de grande ampleur (séisme, tsunami, typhon...). C'est le pays avec la présence la plus systématique de plans sur son territoire. 95% des préfectures et 60% des municipalités possèdent un plan de prévention et de gestion des déchets post-catastrophe (entretien Asari Lab, 20 avril 2021). La création de ces plans est une obligation légale, seuls les territoires avec des ressources trop faibles n'en ont pas. De ce fait, le pays est bien préparé à la gestion des déchets post-catastrophe : les préfectures d'Iwate et Miyagi, très fortement impactées par le séisme et le tsunami de 2011, ont traité en trois ans l'intégralité des 24,53 millions de tonnes de déchets produits sur leur territoire lors de ces événements. Elles sont arrivées à un taux de recyclage de 90% (Ide, 2015).



Figure 65 : organisation de la planification des DSE au Japon (Ministry of the Environment of Japan, 2018b)

Les plans japonais sont très détaillés et relativement cohérents les uns avec les autres. Ils répondent à un schéma organisationnel bien défini (Figure 65, p. 283). Les déchets post-catastrophe sont considérés comme des déchets normaux : la responsabilité de la gestion revient de ce fait aux municipalités. Toutefois, si les municipalités ne peuvent plus assumer cette gestion, la préfecture prend le relais. La préfecture coordonne également la collaboration entre les différentes municipalités présentes sur son territoire, ainsi qu'avec les entreprises privées impliquées.

Au niveau fédéral, les Etats-Unis sont très en avance sur la question des déchets post-catastrophe par rapport aux autres pays (sauf le Japon). L'EPA, l'USACE et la FEMA ont réalisé de nombreux travaux sur le sujet et fournissent des ressources aux Etats et aux gouvernements locaux (cf. les deux guides étudiés plus haut par exemple, ou encore les logiciels HAZUS qui permettent de prédire les quantités et les localisations des déchets en fonction d'un évènement donné).

Toutefois, à l'échelle locale, la préparation pour la gestion des déchets post-catastrophe n'est pas très uniforme. Les plans, s'ils existent, peuvent être harmonisés au sein d'un état ou d'un comté mais sont à l'échelle du pays assez irréguliers, aussi bien en termes de format que de présence ou de taille. Par exemple, la paroisse d'Ascension (Louisiane) possède un plan de 13 pages exclusivement consacré à la gestion des déchets post-catastrophe (Ascension Parish

OHSEP, 2008). La paroisse d'Iberia (Louisiane aussi) possède elle un plan plus large sur l'organisation de la réponse en cas de catastrophe (Iberia Parish OHSEP, 2018). Le plan fait 258 pages dont environ 6 sont consacrées aux déchets post-catastrophe, dans l'annexe sur *l'Emergency Support Fonction 3 (Engineering and Public Works)*.

Enfin, il y a des pays avec beaucoup de travaux académiques mais peu de documents opérationnels : la Nouvelle-Zélande et l'Italie.

La Nouvelle-Zélande a commencé à réaliser des travaux sur la planification des déchets post-catastrophe en 2011, sous l'impulsion notamment des travaux de thèse de Charlotte Brown (Brown, 2012b). Celle-ci a interrogé des acteurs de différents territoires ayant récemment eu à gérer des déchets post-catastrophe afin de voir comment ils étaient préparés et de leur présenter un premier guide commandé par le ministère de l'environnement. Depuis, en 2018, un nouveau guide, à destination des régions, a été développé. Le guide est en cours d'implémentation dans les régions.

L'échelon choisit pour ce guide semble surprenant car la gestion de crise, et donc des déchets post-catastrophe, en Nouvelle-Zélande passe directement du niveau local au niveau national en cas de dépassement des capacités, sans passer par le niveau régional (entretien C. Brown, 21 avril 2021). En ce qui concerne l'action post-catastrophe, sur la dernière grande catastrophe en date (tremblement de terre de Christchurch en 2011), l'équipe en charge de la gestion des déchets post-catastrophe était incorporée dans les équipes pour la réponse opérationnelle, mais pas dans les équipes de planification. Les impacts environnementaux et la phase de recouvrement de manière générale n'ont donc pas vraiment été considérées car la réponse opérationnelle s'est concentrée sur la phase d'urgence (entretien C. Brown, 21 avril 2021).

L'Italie n'a pas de guide national ou de planification systématique pour la gestion des déchets post-catastrophe. Cette gestion se base sur les lois existantes et les décrets émis en temps de catastrophe. Ainsi, à chaque catastrophe, des décrets sont émis pour assouplir les lois en place. Ceux-ci peuvent ensuite être inscrits dans la loi pour faciliter la gestion des catastrophes suivantes. La gestion de crise, sa prévention et sa planification est de la responsabilité des départements régionaux de la protection civile, qui n'incluent généralement pas la problématique des déchets post-catastrophe. A ce jour, à notre connaissance, seule la région

des Marches possède un plan pour la gestion des déchets post-catastrophe. Celui-ci est très récent et a été construit suite à des travaux de doctorat cofinancés par l'université des Marches, le département de la protection civile des Marches et l'entreprise de gestion des déchets locale (entretien F. Beolchini, 5 mai 2021).

Les plans locaux sur la gestion des déchets post-catastrophe restent donc relativement épars. De plus, peu d'éléments existent sur leur utilisation, leur efficacité et la manière dont ils sont construits.

6.1.2. Etat de la planification des déchets post-catastrophe en France

Les déchets, un risque en soi mais dont la planification comprend peu de synergies avec les planifications des risques naturels : exemple de la planification nationale de gestion des déchets

La première loi déchet de 1975 s'inscrit dans des préoccupations antérieures liées aux déchets : la prise en compte de l'aspect hygiéniste du problème et la normalisation des techniques de traitement. En parallèle, le régime des installations classées pour l'environnement (ICPE) est réformé en 1976 et devient un cadre législatif central dans la gestion des déchets (Rocher, 2006).

Les déchets sont avant tout vus comme un risque, d'abord sanitaire, puis technologique et aujourd'hui environnemental. Les politiques de prévention visent à réduire les quantités de déchets mais aussi leur dangerosité. Les législations sur les déchets se sont grandement développées autour des risques technologiques liés aux installations de traitement des déchets (Bourg et al., 2003). De ce fait, la gestion des déchets est gérée au niveau ministériel par un service de la direction générale de la prévention des risques (DGPR).

La DGPR « a pour mission d'identifier et quantifier l'ensemble des risques pour mener les politiques de prévention adaptées »⁹⁶. Elle est divisée en trois services : un service des risques technologiques, un service des risques sanitaires liés à l'environnement, des déchets et des pollutions diffuses, et un service des risques naturels et hydrauliques.

Malgré cette proximité institutionnelle et la vision ancienne des déchets comme un risque, on n'observe pas de synergie sur le sujet des déchets post-catastrophe dans les politiques de planification des risques mises en place par ces différents services. De fait, la question des

⁹⁶ <https://www.ecologie.gouv.fr/direction-generale-prevention-des-risques-dgpr>

déchets post-catastrophe n'est pas vraiment portée au niveau national, et a principalement été reportée sur les Régions.

Les plans régionaux de prévention et de gestion des déchets (PRPGD)

Les responsabilités en matière de gestion des déchets post-catastrophe ne sont généralement pas claires (§ 1.2.2), et c'est également le cas en France. Revenons d'abord sur les responsabilités des acteurs publics. Les organes responsables de la gestion opérationnelle des déchets sont les intercommunalités ; les responsables de la gestion de crise et de l'hygiène publique sont les communes. La préfecture, représentante de l'Etat au niveau départemental, est chargée de la planification d'urgence et de la gestion de crise (c'est-à-dire la coordination des moyens publics et de la sécurité civile) si la commune est surchargée, ainsi que des autorisations d'exploitation des installations de gestion des déchets. Enfin, depuis 2015 et la loi NOTRe qui a reconnu la nouvelle organisation territoriale française, les Régions sont en charge de la planification des déchets et doivent rédiger un plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) dans lequel elles ont dû intégrer un volet « déchets issus de situation exceptionnelle (DSE) ». La loi sur la planification indique ainsi : *« Le plan précise l'identification des installations permettant de collecter et de traiter les déchets produits en situation exceptionnelle, notamment en cas de pandémie ou de catastrophe naturelle, en distinguant ceux dont la production trouve sa cause dans le caractère exceptionnel de la situation et ceux dont la collecte et le traitement peuvent se voir affectés par cette situation. Les précisions concernant l'organisation de la collecte sont coordonnées avec les dispositions relatives à la sécurité civile prises notamment par les communes et leurs groupements. »* (Article R541-16 du code de l'environnement⁹⁷). Sur le papier, toutes les Régions ont respecté cette obligation dans les plans rédigés entre 2018 et 2020.

Cependant, d'après les responsables des planifications déchets régionales interrogé-es, la France était à l'époque en retard pour respecter les délais sur l'obligation européenne de planification de la gestion des déchets et les Régions ont dû rédiger leurs plans dans un temps restreint. Elles ont concentré leurs moyens sur d'autres priorités, comme l'enfouissement ou les déchets de construction (source : entretiens avec des responsables des PRPGD). La plupart des plans sont donc très succincts sur les déchets de catastrophe, se contentant de reprendre

⁹⁷ https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000032728264/2016-06-20

des éléments du guide du CEREMA (2019) sans vraiment les adapter à leur territoire. L'article R.541-16-II du code de l'environnement stipule notamment que le plan doit identifier les infrastructures de collecte et de traitement pour la gestion des DSE, ce qui n'a pas été fait systématiquement.

Tableau 44 : Eléments d'intérêt présents dans le volet déchets de situations exceptionnelles des PRPGD

Région	Eléments intéressants vis-à-vis de la gestion des DSE
Auvergne Rhône-Alpes	Identification des sites de traitement vulnérables aux inondations
Centre Val-de-Loire	Mise en place d'indicateurs de suivi
Grand-Est	Nouveaux risques pris en compte (grèves, saturation de filières...)
Guadeloupe	Liste des actions à mettre en place avec les acteurs et indicateurs de suivi du développement de ces actions
Hauts-de-France	Définition précise des DSE, responsabilité financière, capacité de stockage réservée aux DSE
Ile-de-France	Etude assez poussée de l'impact sur le système et des actions à entreprendre en cas de crue majeure, de pandémie grippale et de vents violents et tempêtes, risques identifiés comme prioritaires à traiter selon une liste de critères (probabilité d'occurrence, impact sur le système de gestion des déchets...)
Provence-Alpes-Côte D'Azur	Réflexion autour du plan et du besoin de mettre en place des groupes de travail, définition d'une capacité de stockage réservée aux DSE

De plus, les plans régionaux des déchets doivent désormais être intégrés dans un plan plus large, le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET). Ce document est prescriptif et a une forme particulière. Chaque sujet est résumé dans une « feuille de règles » d'une ou deux pages. Par conséquent, cela réduit considérablement l'information des anciens plans. Certaines Régions, comme les Régions Provence-Alpes-Côte d'Azur ou Centre-Val-de-Loire, ont décidé d'annexer l'ancien plan déchets au SRADDET et de continuer à s'en servir pour développer leurs actions.

Malgré ces difficultés, certains plans régionaux comprennent des éléments qui vont au-delà des obligations minimales et de la reprise du guide du CEREMA (Tableau 44, p. 287).

Les plans locaux

En dehors des PRPGD, il est possible (en théorie, beaucoup moins en pratique) de trouver des éléments sur les déchets post-catastrophe dans les plans ORSEC (Organisation de la Réponse de Sécurité Civile) ou dans les PCS ou PICS (Plans Communaux ou InterCommunaux de Sauvegarde) qui peuvent permettre d'identifier les zones de stockage temporaire. Ces zones peuvent aussi être identifiées par les DREAL (voir § 6.2.3, p. 306).

Les dispositifs ORSEC sont coordonnés par les préfetures départementales et régionales. Sur les 96 départements français, 26 plans ORSEC concernant les dispositions générales ou des risques naturels produisant une grande quantité de déchets ont été inventoriés⁹⁸. Sur ces 26 plans, 12 seulement mentionnaient le terme « déchets » au moins une fois. La mention est généralement succincte, du type « tel acteur doit gérer les déchets produits ». Seuls deux départements, le Var et les Pyrénées Orientales, développent un peu plus mais le contenu reste peu détaillé. La DREAL est souvent identifiée comme l'acteur en charge de la gestion des DSE.

Les plans les plus intéressants à ce sujet sont les plans POLMAR (pollution marine), qui organisent le nettoyage, en mer et sur terre, en cas de pollution marine aux hydrocarbures. Ils prévoient les moyens opérationnels nécessaires, notamment le matériel de nettoyage, les zones de stockage temporaire et les sites de traitement. Ce sont en quelque sorte des plans de gestion des déchets post-catastrophe, mais pour un seul type de catastrophe.

Les communes doivent également mettre en place un document d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM) à destination des habitant-es. Ceux-ci contiennent des conseils pratiques sur les actions à suivre en cas de catastrophe. L'objectif de réduction et de prévention des déchets n'est jamais mentionné directement, toutefois certaines actions y concourent (en cas d'inondation : stationnement hors zone inondable, mise à l'abri des produits toxiques, meubles... ; en cas de tempête : rentrer les objets exposés au vent, fermer les portes, fenêtres et volets...).

⁹⁸ Les plans canicules, grand froid ou encore les plans sur les épidémies, le secours en mer/montagne, NOVI, etc... n'ont pas été recensés car ces événements ont peu d'impact sur le système de gestion des déchets. Les plans POLMAR sont traités à part.

6.1.3. Des difficultés générales pour mettre en place des planifications de la gestion des catastrophes naturelles

Le nombre restreint de documents de planification de la gestion des déchets post-catastrophe, en France et à l'internationale, peut s'expliquer par des difficultés quant à la mise en place de ces planifications.

Une multiplicité d'acteurs qui rend difficile l'identification des responsabilités

La planification des déchets post-catastrophe rencontre des difficultés communes à toutes les planifications liées aux catastrophes, aussi bien au niveau de la prévention des risques que de la gestion de crise.

Les activités de gestion des catastrophes (atténuation et prévention des risques, préparation à la gestion de crise, activités de recherche et de secours, gestion des abris temporaires, reconstruction et relèvement du territoire, retour et partage d'expérience, enseignement, etc.) sont opérées par un large panel d'acteurs, des opérateurs de secours aux responsables environnement. Cette multiplicité rend parfois difficile l'identification des responsabilités.

Généralement, les gouvernements sont responsables de la sécurité des populations. La responsabilité de la gestion de crise revient donc d'abord aux agences gouvernementales (Raikes et al., 2019), comme les préfetures en France, la FEMA aux Etats-Unis, etc. Les gouvernements locaux (mairies, départements, etc.) sont responsables de la mise en œuvre des mesures d'atténuation et de sécurité par le biais de la planification et du zonage (Neuvel and van den Brink, 2010; Somers and Svara, 2009) ainsi que de l'évaluation des risques et de la disponibilité des ressources pour les phases d'intervention et de rétablissement (Henstra, 2010). Les organisations non gouvernementales (Henstra, 2010), les instituts de recherche et les entreprises privées – telles que les entreprises du bâtiment (Chang et al., 2011) – peuvent aussi avoir des rôles importants en fonction de leurs compétences. Cette prolifération d'activités et d'acteurs accroît la complexité organisationnelle et crée des responsabilités floues qui se chevauchent, conduisant souvent à une décharge de responsabilité.

Les acteurs évoluent également à différentes échelles géographiques et administratives. La gestion de crise est habituellement décentralisée et implique un réseau d'acteurs à plusieurs niveaux (Raikes et al., 2019). Cela permet une réaction rapide au niveau local, les niveaux régional et étatique apportent un soutien technique, humain, matériel et financier.

L'organisation de la gestion de crise telle qu'elle est conçue aujourd'hui implique un déclenchement par échelon : les échelons supérieurs sont déclenchés lorsque l'échelon inférieur est débordé. En France, les premiers organes activés en cas de crise sont les mairies, suivies des préfectures départementales, puis les préfectures de zones, jusqu'à débloquer éventuellement des ressources nationales.

Les niveaux supérieurs (gouvernements, agences étatiques et fédérales, etc.) doivent également établir des politiques d'atténuation et de prévention des risques, que les communautés locales doivent mettre en œuvre en adoptant des stratégies appropriées (Pearce, 2003). En France par exemple, l'Etat a développé une stratégie nationale de gestion des risques d'inondation (SNGRI), qui se décline dans les bassins hydrographiques en stratégie locale de gestion des risques d'inondation (SLGRI). Les acteurs locaux développent un programme d'actions de prévention des inondations (PAPI), dont le suivi est assuré par la préfecture et la DDTM (Rullier, 2023).

Si sur le papier, la responsabilité par échelle géographique semble assez claire, en réalité, cette imbrication géographique apporte de la complexité et peut augmenter la déresponsabilisation des acteurs, chacun considérant que c'est à un autre d'agir. Dès lors, quand chaque échelle doit-elle intervenir ? Comment se coordonnent-elles ? Qui répond à qui ?

Des intérêts concurrents entre la planification et les autres activités

De plus, comme tous les acteurs impliqués dans la gestion des catastrophes, chaque acteur de la gestion des déchets peut avoir des intérêts concurrents entre la planification des catastrophes et ses autres activités. Assurer le processus de planification nécessite des ressources importantes (matérielles, humaines, techniques et financières). Cela crée une concurrence pour des ressources rares avec d'autres besoins qui semblent plus urgents (Henstra, 2010). Scott Somers et James Svava (2009) soulignent le manque de ressources et de personnel pour les fonctions de préparation aux situations d'urgence dans les gouvernements locaux, lié parfois à la conjoncture économique en déclin qui réduit la capacité fiscale du gouvernement. Philip Berke et al. (2014) vont dans ce sens, arguant que les gouvernements locaux avec une population de moins de 10 000 habitants sont peu susceptibles de développer une planification pour la phase de relèvement et de reconstruction. En plus de cela, la demande de participation du public augmente les coûts de

planification car assurer une participation réelle nécessite des ressources importantes (Dovers, 1998).

En raison de la diversité des acteurs impliqués dans la gestion des catastrophes (à différentes échelles géographiques, de différents secteurs, élus, organismes publics, ONG ou entreprises privées, etc.), de leurs intérêts concurrents et de la nécessité d'optimiser les ressources, la planification de la gestion des catastrophes nécessite beaucoup de coordination. Pour être efficace, la planification doit renforcer la collaboration entre toutes les parties prenantes ainsi que la participation communautaire (Finucane et al., 2020). Certains acteurs peuvent être mieux placés pour diriger cette coordination, grâce à une position de leadership formelle qui légitime leurs actions, un pouvoir coercitif permettant de prononcer des sanctions ou une capacité de récompense envers celles et ceux qui participent au processus (Somers and Svara, 2009).

Choisir parmi une diversité d'outils de planification

De plus, chacun de ces acteurs dispose de différents outils de planification⁹⁹. Les activités de planification des catastrophes peuvent être divisées en activités pré-catastrophe et post-catastrophe (Pearce, 2003). Les plans d'atténuation des risques tels que les PPR en France visent à réduire l'exposition aux risques en influençant les caractéristiques physiques d'un territoire. Les plans de préparation identifient les dangers possibles et leurs impacts (Brown et al., 2021), spécifient les procédures opérationnelles et fournissent des orientations pour la coordination des interventions d'urgence (Neuvel and van den Brink, 2010). Les activités de planification pré-catastrophe comprennent des exercices de formation et de simulation de catastrophe (Henstra, 2010), ainsi que l'élaboration de scénarios de catastrophe (Brown et al., 2021) pour accélérer les actions des acteurs en temps de crise.

Les plans post-catastrophe, de relèvement et de reconstruction permettent une vision à long terme qui est essentielle (Labadie, 2008), surtout en cas de catastrophe de grande ampleur. La principale difficulté de ces plans est qu'ils doivent répondre aux urgences tout en respectant le système de planification existant (Murakami et al., 2014). D'autres instruments sont disponibles : incitations juridiques et financières, partage d'informations pour sensibiliser le public (Finucane et al., 2020), réglementations telles que les codes du bâtiment ou les lois

⁹⁹ Les outils de planification français pouvant intégrer des éléments sur les déchets post-catastrophe sont cartographiés en annexe 4.

sur l'aménagement du territoire (Raikes et al., 2019), licences environnementales ou droit privé (Neuvel and van den Brink, 2010). Chaque outil de planification a des implications différentes à court et à long terme et peut améliorer ou empêcher une gestion efficace des catastrophes.

Ces planifications post-catastrophe sont souvent difficiles à mettre en place du fait notamment de :

- La soudaineté de la crise : il faut réagir vite, il n'y a pas le temps de mettre en marche les phases d'études détaillées et de consultation des parties prenantes que l'on retrouve habituellement dans les processus de planification¹⁰⁰ ;
- Du manque de connaissances et de ressources sur la question ;
- La flexibilité des normes en tant de crise au détriment des questions de gouvernance, environnementales...

Or, si la phase d'urgence d'une crise nécessite une réaction rapide, les conséquences d'une catastrophe et donc leur gestion peuvent s'étendre sur le temps long, notamment pour les déchets. Les décisions prises sur ce temps long doivent donc être acceptées des citoyen·nes, ce qui peut ne pas être le cas s'ils et elles ne sont pas impliqués dans la prise de décision. Laura Hatcher et al. (2012) étudient par exemple les conflits entre l'USACE et des résident·es de New-Orléans lors de la gestion des déchets post-Katrina. Elles posent deux questions à ce sujet : 1) quand et sous quelles conditions l'obligation de démolition des propriétés privées est-elle acceptable lors de la réponse à une catastrophe ? 2) En cas de catastrophe, comment communiquer efficacement avec des citoyens ayant un historique de méfiance importante vis-à-vis des gouvernements officiels ?

Quelles préparations face aux incertitudes de la gestion des catastrophes ?

Une des difficultés des planifications de gestion des catastrophes est que la crise amène de l'inconnu, de l'incertain et de l'inimaginable (Reghezza-Zitt, 2019).

¹⁰⁰ A noté que dans la Roya, l'Etat a nommé un préfet délégué à la reconstruction qui a été chargé de mener une grande concertation citoyenne. Bien qu'il soit encore difficile d'en connaître tous les aboutissements, en particulier du fait d'une difficulté pour les chercheur·euses d'être autorisé·es à suivre le processus (source : Emanuela Dalmaso, communication personnelle, mars 2022), cette concertation semble avoir été plutôt bien reçue.

Ces notions d'incertitude sont inhérentes aux planifications des risques et des crises, mais aussi aux planifications prospectives. En effet, l'incertitude naît du besoin de représenter l'environnement afin de le comprendre et d'agir dessus : les techniques d'observation et de représentation de la connaissance étant imparfaites (du fait des limites naturelles des techniques et du niveau des connaissances initiales), cela crée des imperfections sur la connaissance (Merad, 2010). Myriam Merad sépare quatre types de risques : les risques connus conscients, inconnus conscients, connus inconscients ou inconnus inconscients.

De la même façon, Magali Reghezza-Zitt (2019) identifie à partir de la littérature quatre types d'incertitudes en conduite de crise :

- 1) L'imprévu connu et anticipé, i.e. « l'ordinaire de la crise » ;
- 2) L'inconnu connu, résultant d'un déficit ou au contraire d'une surabondance de connaissances identifiées ;
- 3) L'imprédictible ou l'imprévisible structurel, « on sait qu'on ne saura pas », lié notamment à l'ignorance de certains sujets par certains acteurs mais aussi à des éléments imprédictibles sur une certaine temporalité (par exemple l'évolution d'une crue à plus de 72h) ;
- 4) L'inimaginable, ou « l'inconnu inconnu ». Ce dernier type d'imprévu qui crée des crises « hors cadre ».

Ces imperfections de connaissances amènent à se poser la question du risque acceptable et du niveau de préparation attendu des acteurs. Sachant que se préparer à une catastrophe consomme des ressources humaines et financières (généralement limitées), et que la survenue d'une catastrophe reste improbable, jusqu'à quel niveau de catastrophe les acteurs doivent-ils être préparés ? Faut-il multiplier les scénarios possibles ou se prémunir contre « le scénario du pire », en supposant que si l'on sait répondre à un événement extrême, on saura répondre à des événements de moindre ampleur ?

6.1.4. Des difficultés spécifiques aux déchets post-catastrophe

Outre ces difficultés communes à toutes les planifications liées aux catastrophes, la planification des déchets post-catastrophe rencontre des difficultés particulières qui sont peu étudiées du fait du nombre encore restreint de travaux sur le sujet.

Synthèse des difficultés

En 2011, Charlotte Brown et al. (Brown et al., 2011) incluait dans leur état des lieux des recherches sur les déchets post-catastrophe une partie sur la planification, qui mettait surtout en avant les guides états-uniens de l'USEPA, *Planning for disaster debris*, de la FEMA et de quelques Etats (Californie, Louisiane). Dans les autres pays développés, les scientifiques et les autorités reconnaissent également l'utilité de se préparer à la gestion des déchets post-catastrophe, ce depuis le milieu des années 1990 (Brown and Milke, 2009), mais les travaux ou sur la question ou même les plans, bien qu'ils commencent doucement à se développer, restent rares. Les guides existants portent généralement sur comment mettre en place la gestion de ces déchets, mais ne donnent pas d'information sur les différentes options possibles en fonction de la catastrophe et n'orientent pas la prise de décision. Dans les pays en voie de développement, on ne trouve souvent même pas de plans de gestion des déchets en situation normale. A l'époque, des guides avaient été développés par des institutions internationales (JEU, WHO, UNHCR) pour la gestion des déchets en situation d'urgence humanitaire (camps de réfugiés, populations déplacées) mais pas des déchets post-catastrophe dans leur ensemble.

Dans les deux cas, i.e. pour les pays développés et en voie de développement, Charlotte Brown et ses collègues pointent le manque suivant : les plans, lorsqu'ils existent, se concentrent sur la réponse technique et ne considèrent pas les éléments organisationnels, institutionnels ou législatifs qui impactent également l'efficacité du système de gestion des déchets.

Fanshun Zhang et al. (Zhang et al., 2019) ont actualisé en 2019 la revue de Brown et al. (2011). Leurs travaux montrent que les lacunes sur la planification sont dans l'ensemble toujours les mêmes qu'en 2011. Des obstacles possibles à cette planification sont ajoutés :

- **La difficulté de planifier l'inconnu et la faible probabilité d'occurrence d'un désastre de grande ampleur.** Ce premier point est très bien ressorti dans nos entretiens avec les acteurs publics de la gestion des déchets. Ayant souvent des moyens financiers et humains insuffisants, ils doivent prioriser leurs travaux. Les déchets post-catastrophe, du fait de leur caractère incertain, ne rentrent pas dans les priorités. Par ailleurs, les déchets ne semblent pas instinctivement un élément primordial à gérer en urgence post-catastrophe (voir exemple de la CARF § 4.3.1). La survenue d'une catastrophe qui désorganise fortement le système de gestion des déchets est souvent un élément

déclencheur à la prise de conscience. Ce fût par exemple le cas de la tempête Xynthia au niveau national. Encore faut-il que la catastrophe soit suffisamment « proche » de ce qu'on peut attendre. Le responsable de la planification en région Hauts-de-France, interrogé en septembre 2021, racontait ainsi que la tempête Alex ne l'avait pas vraiment alerté, du fait de la grande différence de climat entre le sud et le nord de la France, mais qu'en revanche les inondations de l'été 2021 en Belgique et en Allemagne rappelaient la probabilité de tels évènements sur son territoire.

- **La capacité à gérer les déchets post-catastrophe sans plan préexistant.** Ici aussi, nos entretiens avec les responsables de la gestion des déchets ménagers après les tempêtes Alex et Xynthia vont dans ce sens. Deux opinions apparaissent spontanément : 1) il aurait été impossible d'imaginer ce qu'il s'est passé, comment aurait-il été possible de s'y préparer ?, et 2) malgré les conditions, les déchets ont été gérés sans préparation, il sera possible de le refaire.
- **La difficulté de coordonner les acteurs ou encore l'insuffisance des infrastructures.** Comme nous avons pu le voir, de nombreux acteurs interviennent, qui n'ont pas l'habitude de travailler ensemble et qui ont des cultures très différentes. L'insuffisance des infrastructures ne concerne pas exclusivement la gestion des déchets post-catastrophe mais celles des déchets en général : espace limité pour l'enfouissement, difficultés à empêcher les déchets produits en situation normale de se répandre dans les milieux naturels, etc.

Quel est l'intérêt de planifier la gestion des déchets post-catastrophe ?

De nombreux retours d'expérience mettent en avant la nécessité de mettre en place des plans de gestion des déchets post-catastrophe pour se préparer en amont et améliorer l'utilisation des ressources, l'impact environnemental et la rapidité du nettoyage et du retour à la normale lors de l'occurrence effective d'une catastrophe (Baycan, 2004; Beraud et al., 2019b; Domingo and Luo, 2017; Faleschini et al., 2017; Gabrielli et al., 2018; Karunasena et al., 2009; Poudel et al., 2018; Sakai et al., 2019; Sasao, 2016). Ces plans vont également permettre d'éviter d'éventuels conflits lors de la transition entre les travaux publics et la gestion des déchets et les coûts (économiques et en temps) supplémentaires pouvant en découler (Swan, 2000) ou d'augmenter les capacités de recyclage des déchets de catastrophe en identifiant les ressources nécessaires (Brown and Milke, 2016).

Cependant, vu les difficultés pour mettre en place de telles planifications et le fait que les acteurs considèrent pouvoir gérer les déchets post-catastrophe sans préparation, il est légitime de se demander quel est l'intérêt de planifier la gestion des déchets post-catastrophe.

Au-delà des observations dans les retours d'expérience sur des événements isolés, Julia Crowley a cherché à montrer l'efficacité systématique de la présence d'un plan. Elle a étudié l'efficacité et l'efficience des plans de gestions des déchets post-catastrophe (Crowley, 2017) ainsi que la cohérence entre les différentes échelles de planification aux Etats-Unis, plus précisément entre les plans locaux et les guides de la FEMA (Crowley and Flachsbar, 2018). Elle définit l'efficacité (« effectiveness ») comme la capacité à atteindre les objectifs fixés et l'efficience (« efficiency ») la capacité à obtenir le plus de résultats avec le moins de ressources. L'efficacité permet de montrer pourquoi il faut planifier et l'efficience comment. Dans le cas particulier de la gestion des déchets post-catastrophe, Julia Crowley définit l'efficacité de la gestion par le taux de débris recyclés et la perception de la préparation et l'efficience par le taux de débris retirés par jour et le coût de gestion de ces débris.

91 comtés états-uniens ayant récemment subi des catastrophes ont répondu à un questionnaire pour mesurer l'efficacité et l'efficience de leur système de gestion des déchets post-catastrophe. 49 comtés avaient préalablement un plan, 46 n'en avaient pas. Les résultats montrent que la gestion des comtés ayant un plan était plus efficace : ils ont recyclé plus de déchets post-catastrophe que les comtés n'en ayant pas et se sentent mieux préparer pour les prochains événements. Ils accèdent également plus facilement aux aides financières de la FEMA. Au niveau de l'efficience, les comtés avec un plan ont une gestion plus rapide mais pas forcément plus économe. Malgré les limites de ces travaux (pas d'aspect environnemental, les catastrophes ne sont pas différenciées alors que l'on sait que le type de catastrophe influe fortement sur la quantité et la qualité des déchets ...), ils permettent d'appuyer le ressenti sur la nécessité d'un plan perçu au travers des retours d'expérience.

Au niveau de la cohérence entre les différentes échelles de planification, Julia Crowley montre que les éléments décrits clairement dans les guides de la FEMA (synthèse, événements et postulats, stratégie de collecte, rôles et responsabilités, sites de traitement, contrats opérationnels) sont bien repris dans les plans locaux. A l'inverse, les questions de préservation environnementale et culturelle ainsi que la prise en compte des forces de travail sont peu conformes.

Les entretiens avec les acteurs de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya donnent en premier abord l'impression qu'ils n'auraient pas pu se préparer à ce qu'il leur ait arrivé. En les interrogeant plus longuement, il devient toutefois facile de constater que de nombreux éléments auraient pu être améliorés s'ils avaient été préparés en amont. Nous pensons ainsi que se préparer à la gestion des déchets post-catastrophe est en effet utile. Néanmoins, il faut aujourd'hui se questionner, non pas sur les éléments à inclure dans un plan, sujet déjà bien traité mais qui n'amène pas de résultats opérationnels, mais sur les étapes par lesquelles commencer pour lancer un processus de planification. La dernière section de ce chapitre s'intéressera à ces questions sur le cas français.

6.2. Quel processus de planification mettre en place ?

6.2.1. Evaluer les possibilités de planification : couplage des indicateurs de Brown et des temporalités de la gestion de crise

La planification pour la gestion des déchets post-catastrophe en France est donc relativement peu avancée, malgré les recommandations émises dès 2008 lors des travaux sur la loi Grenelle (§ 1.2.2, p. 74).

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe 6.1, de nombreuses recommandations pour la planification sont exprimées dans les guides sur la gestion des déchets post-catastrophe et dans les travaux de recherche. Toutefois ces recommandations sont plutôt à destination d'acteurs ayant déjà décidé de mettre en place un plan. Elles sont détachées des difficultés antérieures au développement d'un plan : qui doit porter la planification ? Avec quels moyens ? Pour quelles situations ? Quelles sont les priorités ?

Nous avons présenté les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe au paragraphe 3.2.1 (p. 145), puis les avons utilisés au paragraphe 4.2.2 (p. 201) pour synthétiser le cas d'étude, principalement dans l'idée de simplifier les comparaisons dans des travaux futurs. Charlotte Brown envisage dans sa thèse l'utilisation de ses indicateurs pour la planification, soit pré-catastrophe, pour proposer des scénarios, soit post-catastrophe pour évaluer rapidement la situation. Il nous semble ici intéressant de les mobiliser pour discuter de la planification et des questions posées ci-dessus.

Toujours dans l'optique de répondre à la question des tensions entre le temps court de la gestion de l'urgence et le temps de long de la gestion des déchets (§ 3.1.2), il paraît également pertinent d'y coupler les six temps de la gestion de crise utilisés jusqu'à maintenant.

Il peut alors être intéressant de commencer par regarder la manière dont les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe impactent les étapes de gestion (Tableau 45, p. 298).

Tableau 45 : Impacts des indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe sur les étapes de la gestion des déchets post-catastrophe

Indicateur	Pré-catastrophe	Survenu de l'aléa	Urgence	Relèvement	Recouvrement
Indicateurs de la catastrophe					
Echelle générale de la catastrophe			Plus l'échelle de la catastrophe est forte, plus des priorités risquent de s'ajouter avant la gestion des déchets		
Nombre de personnes déplacées	Si un grand nombre de personnes sont déplacées, il faudra adapter le service de gestion des déchets là où elles se trouvent.				
				Les personnes déplacées ne sont pas là pour nettoyer leur habitation, ce qui peut ralentir le nettoyage du territoire.	Si les personnes déplacées n'ont pas l'intention de revenir sur le territoire, il faudra adapté le service.
Entendue géographique		Plus l'étendue géographique de la catastrophe est importante, plus il faudra mobiliser des moyens de gestion éloignés : moyens de nettoyage pour l'urgence et le relèvement, moyens de traitement pour le relèvement et le recouvrement, etc.			
Durée de l'aléa		Perturbation du système au moment de la survenue de l'aléa			
Perturbation du réseau routier			Ralentissement des déblayages et nettoyages d'urgence	Ralentissement du nettoyage du territoire. Perturbation des collectes « normales »	Perturbation des collectes « normales »
Indicateurs des déchets post-catastrophe					
Volume de déchets		Augmentation du volume de déchets	Plus le volume de déchets est important, plus les phases de gestion seront longues (déblayage, nettoyage, traitement)		

Danger pour la santé humaine		Sur-production de déchets dangereux	Collecte des déchets dangereux	Augmentation des risques long terme pour la santé et l'environnement	
Danger pour l'environnement					
Déplacement de déchets			Eparpillement des déchets dangereux	Ralentissement du nettoyage du territoire	Question de la responsabilité financière du traitement des déchets éparpillés
Difficultés de gestion des déchets			Ralentissement des déblayages et nettoyages d'urgence	Ralentissement du nettoyage du territoire	
Indicateurs des capacités de gestion des déchets					
Dommages sur les installations de collecte et massification		Impact sur les déchets stockés	Besoin de nouvelles zones de stockage	Ralentissement du nettoyage du territoire	
Dommages sur les installations de traitement		Impact sur les déchets présents	Arrêt du traitement des déchets	Ralentissement du traitement des déchets	

Inversement, la planification et l'anticipation de la gestion des déchets post-catastrophe, en phase fonctionnelle et de pré-catastrophe, doivent permettre de réduire l'ampleur de la catastrophe, et donc de diminuer les mesures de ces indicateurs.

A l'aide de ces paramètres (indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe et temporalités de la gestion de crise), la section suivante discutera ainsi du processus de planification à mettre en place, autour de trois grandes questions : 1) qui est responsable de la planification de la gestion des déchets post-catastrophe ? ; 2) quelles étapes de la planification faut-il prioriser ? ; et 3) quelle stratégie de planification utilisée ?

6.2.2. La planification, une responsabilité multi-acteur

Qui pour planifier quoi ?

Bien que la littérature sur les déchets post-catastrophe accorde une attention croissante au contenu des plans, aucune attention n'a été accordée à l'endroit où devraient se situer les responsabilités de planification des déchets post-catastrophe. Difficile sans cela de développer des politiques appropriées. Quel acteur peut planifier efficacement la gestion des déchets post-catastrophe ? Quels sont les avantages et les inconvénients de chaque

planificateur potentiel ? Quels sont les obstacles à la mise en place d'un processus de planification ?

L'analyse des documents de planification recensés montre que des plans complets, incluant tous les types de déchets et d'aléas, sont plus détaillés que des éléments éparpillés dans plusieurs plans. Ils introduisent des stratégies de traitement des déchets post-catastrophe plus systématiques et équilibrent certains besoins d'urgence et à long terme, qu'ils soient pilotés par des acteurs de la gestion de crise ou des acteurs environnementaux. C'est également ce qu'il ressort de la littérature, où les recommandations semblent concerner un plan unique et centralisé, sans vraiment se poser la question d'ailleurs.

Cependant, à l'exception des plans japonais, la plupart des documents inventoriés ne sont pas spécifiques à un territoire. Nous ne savons pas non plus si leur mise en œuvre est efficace : le processus de planification est-il facilement développé ? Peut-il être généralisé assez rapidement pour répondre à l'augmentation rapide des catastrophes ? Toutes les parties prenantes sont-elles impliquées dans le processus ? Le plan est-il régulièrement mis à jour et mis en pratique ? Permet-il une gestion efficace des déchets post-catastrophe ?

Nous nous sommes demandée quel acteur aurait pu construire et piloter efficacement un plan unique de gestion des déchets post-catastrophe sur le territoire impacté par la tempête Alex (Marchesini, 2022). La plupart des acteurs impliqués sont soit des acteurs de la gestion des déchets, soit des acteurs de la gestion des risques ou des catastrophes naturelles. Certains acteurs, comme le Fret-SNCF, sont en dehors de ces deux champs. Ils n'ont pas été considérés comme des planificateurs potentiels car leurs responsabilités ne sont pas directement liées. La gestion de crise est avant tout une responsabilité publique : bien que des entités privées puissent se préparer en planifiant la continuité de leurs opérations, il n'est pas de leur responsabilité d'élaborer des plans complets de gestion des déchets post-catastrophe. Par conséquent, les acteurs privés n'ont pas non plus été considérés comme des planificateurs potentiels.

Deux de ces acteurs avaient déjà eu des activités de planification à propos des déchets post-catastrophe mais ne sont pas vraiment intervenus sur le sujet après la tempête Alex :

- La Région qui avait l'obligation légale d'intégrer une partie sur les déchets de situation exceptionnelle dans son plan régional.

- La DREAL de Zone Sud, à qui la préfecture de région a demandé en 2017 d'identifier des sites de stockage temporaire de déchets en cas de pollution marine accidentelle. L'UD 06 de la DREAL a demandé en début de tempête aux gestionnaires des installations de traitement sur le territoire si certain-es souhaitaient se déclarer comme zone de stockage temporaire, mais elle n'a pas utilisé la liste existante identifiant les ZST potentielles (voir § 6.2.3, p. 306).

La question de la responsabilité de la planification de la gestion des déchets post-catastrophe est donc loin d'être évidente. Des premiers éléments de réponse peuvent être donnés en fonction des indicateurs de Brown et des temps de la gestion de crise¹⁰¹. Le Tableau 46 (p. 301) synthétise les impacts de ces variables sur la planification et les types d'acteurs concernés.

Tableau 46 : Liens entre les responsabilités de la planification et les indicateurs des déchets post-catastrophe et les phases de la gestion de crise

Indicateurs	Impacts sur la planification	Acteurs concernés
Indicateurs de la catastrophe		
Echelle générale de la catastrophe	Augmentation de l'imbrication des enjeux entre la gestion de crise et la gestion des déchets. La nécessité d'une planification multi-acteurs augmente	Multi-acteurs (acteurs déchets, crise, réseaux, santé, etc.), multi-échelle
Nombre de personnes déplacées	- Planification de la gestion des déchets sur les lieux de déplacement des sinistrés - Modification éventuellement de la planification long terme de la gestion des déchets normaux sur les lieux de la catastrophe si peu de déplacés y retournent	- Acteurs crise / déchets locaux - Acteurs déchets locaux
Entendue géographique	Planification interterritoriale, en particulier pour l'envoi des flux de déchets en dehors du territoire impacté	- Acteurs déchets multi-échelle
Durée de l'aléa	<i>Impact a priori faible sur la planification des déchets post-catastrophe</i>	
Perturbation du réseau routier	- Planification de trajets de collecte et transport alternatifs - Prévoir des moyens spéciaux pour la collecte et le transport des déchets	- Acteurs déchets locaux - Autres acteurs (crise, BTP, agriculture...) multi-échelle
Indicateurs des déchets post-catastrophe		
Volume de déchets	- Planification de zones de stockage temporaire adaptées au volume - Prévoir des moyens de nettoyage et de collecte adaptés au volume	Acteurs crise / déchets multi-échelle

¹⁰¹ Le paragraphe 6.2.2 a permis de voir que les indicateurs Brown et les temporalités de la gestion de crise présentent certes des liens, mais pas de corrélations fortes. Aussi, par souci d'exhaustivité, les discussions sur les responsabilités de la planification sont exposées en fonction de chaque variable, quitte à avoir quelques répétitions.

Danger pour la santé humaine	- Planification pour éviter des sur-crisis (épidémie, etc.). - Déchets à gérer en priorité : identifier les lieux de production possibles (installations manipulant des matières dangereuses en zone à risque, lieux de stockage de denrées alimentaires, etc.)	Multi-acteurs (gestion des déchets, gestion de crise, santé publique, producteur-rices de déchets), locaux
Danger pour l'environnement	- Planification pour éviter des sur-crisis (pollutions majeures, etc.) - Déchets à gérer en priorité : identifier les lieux de production possibles (installations manipulant des matières dangereuses en zone à risque, etc.)	Multi-acteurs (gestion des déchets, gestion de crise, environnement, producteur-rices de déchets), locaux
Déplacement de déchets	Question de la responsabilité transfrontalière de la gestion (également valable entre plusieurs territoires du même pays, mais problématique souvent moins forte)	
Difficultés de gestion des déchets	Prévoir des moyens de gestion adaptés	Acteurs crise / déchets multi-échelle
Indicateurs des capacités de gestion des déchets		
Dommages sur les installations de collecte et massification	Prévoir des solutions de stockage alternatives sur le territoire	Acteurs déchets, acteurs locaux (mairies...)
Dommages sur les installations de traitement	Prévoir des moyens de traitement alternatifs, en dehors du territoire	Acteurs déchets multi-échelle
Temporalités de la gestion de crise		
Système fonctionnel	Sensibilisation des acteurs, partage de connaissance, etc.	Acteurs à plus grande échelle géographique (régionale, nationale)
Pré-catastrophe	- Prévoir la mise en sûreté des moyens de gestion des déchets - Sensibiliser à la mise en sûreté des biens	- Acteurs déchets locaux - Acteurs crise locaux (mairies)
Survenue de l'aléa	Adaptation des collectes pour les aléas de longue durée	Acteurs déchets locaux
Urgence	- Prévoir les moyens pour le déblayage des routes - Prévoir les moyens pour la gestion des déchets d'urgence (DD, embâcles, ...)	Multi-acteurs : Acteurs de la gestion de crise, force d'intervention post-catastrophe, acteurs déchets... multi-échelle
Relèvement	- Prévoir les moyens pour le nettoyage du territoire - Prévoir les ZST	- Multi-acteurs (acteurs crise, acteurs déchets, sinistrés-es, bénévoles, etc.) multi-échelle - Acteurs en fonction de la localisation des ZST : mairies pour les ZST primaires, acteurs régionaux pour les secondaires
Recouvrement	- REX - Adaptation du système de gestion des déchets - Gestion des déchets de la reconstruction - Fermeture des ZST	- Multi-acteurs multi-échelle - Acteurs déchets multi-échelle - Maître d'œuvre et d'ouvrage, entreprises déchets locaux - Acteurs déchets locaux

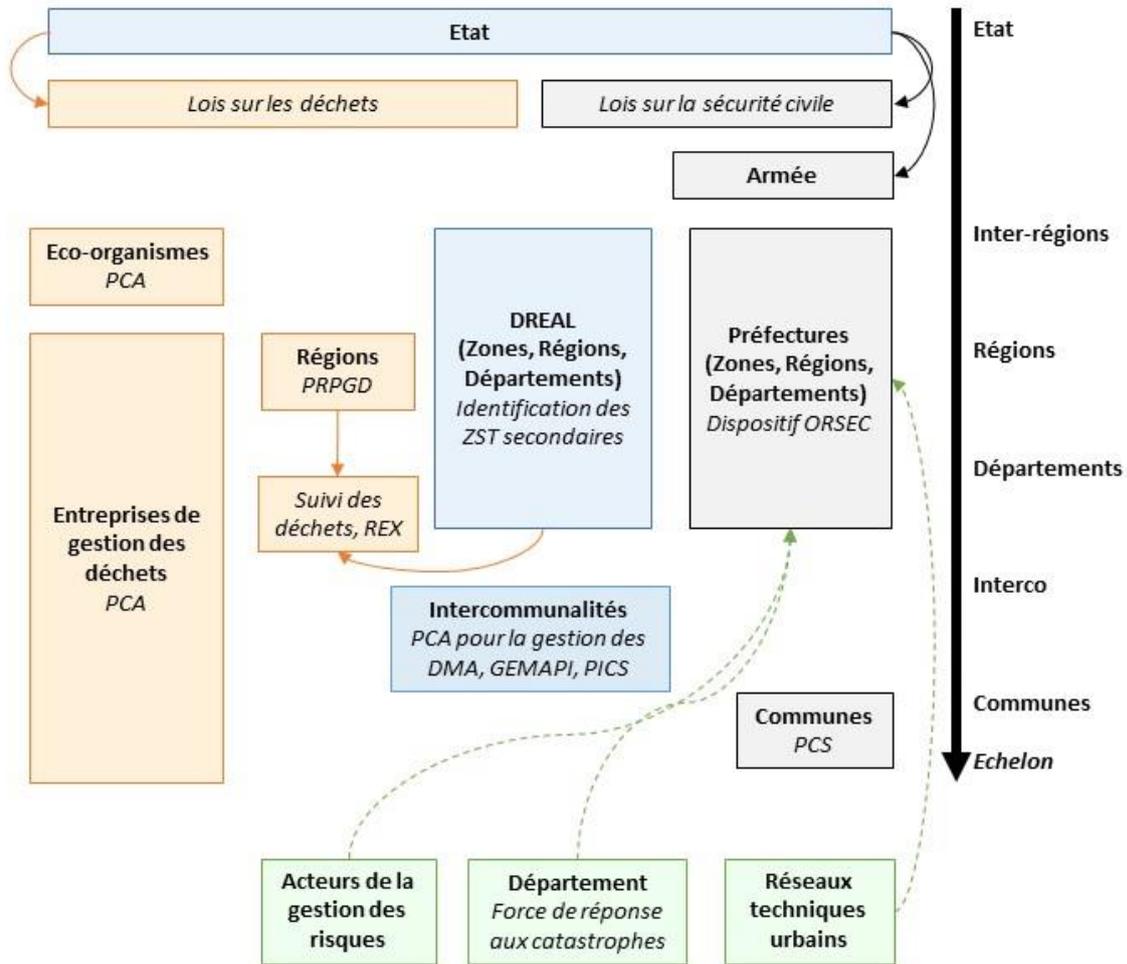
La responsabilité va donc dépendre des actions à planifier, qui elles-mêmes dépendent des caractéristiques de la catastrophe et de la phase de la gestion de crise considérée. Il nous semble ainsi qu'il convient que chaque acteur développe son propre, plutôt que d'écrire un plan unique centralisant tous les aspects de la gestion des déchets post-catastrophe.

La planification du service de gestion des déchets organisé comme une activité d'importance vitale (AIV)

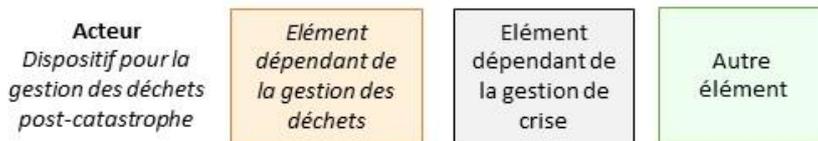
Cette perspective s'inscrit dans l'idée d'organiser le service de gestion des déchets comme une activité d'importance vitale (AIV) (§ 5.2, p. 251). Une telle organisation implique en effet une gestion multi-acteurs, où les opérateurs développent leurs propres plans, en parallèle de ceux de la préfecture qui servent à coordonner l'ensemble des actions de gestion de crise. Des acteurs à plus grande échelle, comme la Région ou les éco-organismes, pourraient se charger du développement et du partage des connaissances, tandis que ceux qui agissent à une échelle plus locale se concentreraient sur l'opérationnel.

La Figure 66 (p. 304) schématise l'organisation théorique de la planification des déchets post-catastrophe si le service de gestion des déchets devenait une AIV. Les plans mentionnés existent déjà et les documents présentent diverses relations de compatibilité ou de prise en compte : les PCS font par exemple partie du dispositif ORSEC, les PCA des acteurs de la gestion des déchets doivent être compatibles avec le PRPGD. En revanche, il n'y a pas de lien entre les PRPGD et le dispositif ORSEC.

Dans l'ensemble, les documents ne prennent généralement pas en compte les déchets post-catastrophe. C'est le cas notamment des PCS qui pourraient permettre l'identification des ZST, ou du dispositif ORSEC qui pourrait améliorer la prise en compte de la gestion des déchets dans les opérations de nettoyage du territoire. De même, les entreprises gérant des installations de traitement des déchets possèdent des PCA, mais ceux-ci sont centrés sur les dysfonctionnements des installations et n'intègrent *a priori* pas d'éléments sur les déchets post-catastrophe. Les volets « déchets de situation exceptionnelle » des PRPGD sont quant à eux peu développés et pourraient inclure plus d'éléments sur l'amélioration des connaissances, la sensibilisation des acteurs et la systématisation des retours d'expérience.



LEGENDE



- > Dispositif géré par
- - - - -> Participation à l'acculturation via le dispositif ORSEC

Sigles

DMA : Déchets ménagers et assimilés / GEMAPI : Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations / ORSEC : Organisation de la réponse de sécurité civile / PCA : Plan de continuité d'activité / PCS : Plan communaux de sauvegarde / PICS : Plan intercommunaux de sauvegarde / PRPGD : Plan régional de prévention et de gestion des déchets / ZST : zones de stockage temporaires

Figure 66 : Organisation théorique de la planification des déchets post-catastrophe si le service de gestion des déchets devenait une activité d'importance vitale

6.2.3. Quelles étapes de la planification faut-il prioriser ?

Un reversement dans les priorités du processus de planification : de la quantification à l'identification des acteurs

La quantification, basée sur les indicateurs « volume de déchet » et éventuellement « danger pour l'environnement » et « danger pour la santé » pour les déchets dangereux, est souvent présentée comme la première étape de la planification des déchets post-catastrophe. Grâce à la quantification, on peut en effet prévoir les moyens humains et techniques nécessaires pour la gestion des déchets post-catastrophe, en particulier le nombre d'aller-retours en camions nécessaires pour la collecte ou encore le nombre et la dimension des zones de stockage temporaire. Les travaux se sont donc concentrés principalement sur des outils d'aide à la décision logistique : quantification des déchets, identification et dimensionnement des zones de stockage temporaire, calcul des temps de trajets, etc. (voir § 1.2.2, p. 82).

Bien que ces éléments soient importants, la plupart des acteurs locaux que nous avons rencontrés ne sont pas suffisamment avancés dans leur processus de planification pour prendre en compte ces questions. Il nous semble donc qu'un processus de planification des déchets post-catastrophe devrait commencer par l'identification des acteurs impliqués et de leurs responsabilités. L'identification des acteurs, bien qu'elle soit mentionnée dans les diverses recommandations, est souvent cantonnée aux acteurs institutionnels, de la gestion des déchets d'un côté et de la gestion de crise de l'autre. Or, ces catégories restent très vagues et ne permettent pas d'identifier précisément la multitude d'acteurs présents sur le terrain. De plus, nous avons pu voir qu'en réalité, de nombreux acteurs extérieurs à ces deux catégories intervenaient (associations et bénévoles, syndicats de rivières, SNCF, gestionnaires de routes, etc.).

Une fois ces acteurs identifiés, leur sensibilisation, ainsi que celles des citoyen·nes, et l'amélioration de leur perception des enjeux de la gestion des déchets post-catastrophe devraient à court terme devenir une priorité dans le processus de planification.

Sur le cas de la Roya, cela aurait par exemple pu permettre :

- Une meilleure interconnaissance des acteurs impliqués et de ce fait un gain de temps (et surtout d'énergie) important. Les gestionnaires déchets ont en effet passé

énormément de temps au téléphone à chercher le bon interlocuteur pour répondre à leurs besoins. Les conflits autour de l'usage de certains espaces, comme pour les ZST (§ 6.2.3, p. 306) ou pour le déchargement des camions (§ 5.2.3, p. 270), ou encore la priorisation des éléments transportés via le train, sont également dus à une mauvaise interconnaissance des enjeux de chaque acteur.

- Une meilleure acceptation des réorganisations des collectes par les habitant-es et les élu-es locaux-ales. Cela aurait pu éviter les collectes hebdomadaires en 4x4 au hameau de Castérino (§ 5.2.3), coûteuse pour la CARF et relativement dangereuse pour les équipages, ou les collectes par hélicoptères des déchets ménagers de la ZST de Tende, qui ne présentaient pas de risques sanitaires particuliers du fait des faibles températures, mais étaient perçus comme tel par les habitant-es et les élu-es.
- Le tri des déchets à la source par les sinistré-es.
- Une meilleure coordination entre les gestionnaires de déchets et les associations et les bénévoles qui ont participé au nettoyage du territoire (notamment de la rivière). Cette coordination a d'ailleurs fini par s'améliorer avec le temps, avec le tri des déchets lors de journées citoyennes de nettoyage des rivières et le regroupement des déchets dans des endroits accessibles aux camions de collecte, ou encore l'ouvertures des déchetteries le dimanche lors des chantiers solidaires, mais était loin d'être évidente au début.
- Plus de considération et de soutien par les services de l'Etat, qui se sont très peu investis sur la question des déchets post-Alex.

L'identification des zones de stockage temporaire (ZST) : une étape concrète et facile de la planification ?

Les ZST sont un élément central de la gestion de la gestion des déchets post-catastrophe : elles permettent de stocker les grandes quantités de déchets produites avant de pouvoir les évacuer vers les filières normales. Il existe ainsi de nombreuses études et recommandations sur les zones de stockage temporaire (ZST). Leur identification est une étape concrète de la planification, *a priori* facile à mettre en place. Cependant, nos enquêtes nous ont mis face à plusieurs paradoxes sur le sujet.

Il existe un consensus (académique et parmi les recommandations pour la planification) autour des zones de stockage temporaire comme un des premiers éléments à identifier lors

de la mise en place d'une planification de la gestion des déchets post-catastrophe. Les résultats de l'analyse fonctionnelle réalisée au chapitre 4 confirment l'importance des ZST puisqu'elles ont pris une place centrale dans la gestion des déchets après la tempête Alex, aussi bien pour les déchets produits par la catastrophe que pour les déchets de la continuité d'activité et de la gestion de crise.

Il existe deux types de ZST :

- Les ZST dites « primaires », dans ou à proximité de la zone impactée, dans lesquelles les sinistré-es peuvent déposer directement leurs déchets, en particulier pendant la phase de nettoyage du territoire ;
- Les ZST dites « secondaires », ou les services compétents évacuent les déchets afin qu'ils soient stockés avant de pouvoir être envoyés vers les installations de traitement adéquates.

Tableau 47 : Impacts des indicateurs de Brown sur le choix des ZST

Indicateur	Impact sur le choix des ZST
Indicateurs de la catastrophe	
Echelle générale de la catastrophe	/
Nombre de personnes déplacées	Besoin éventuel de ZST à proximité des lieux de déplacement
Entendue géographique	Multiplication des ZST primaires et secondaires avec l'augmentation de la taille de la zone impactée
Durée de l'aléa	/
Perturbation du réseau routier	Disposer des ZST primaires accessibles aux sinistré-es
Indicateurs des déchets post-catastrophe	
Volume de déchets	Dimensionnement des ZST en fonction du volume de déchets produits
Danger pour la santé humaine	Prévenir les risques sanitaires dans les ZST
Danger pour l'environnement	Prévenir les risques environnementaux dans les ZST
Déplacement de déchets	/
Difficultés de gestion des déchets	/
Indicateurs des capacités de gestion des déchets	
Dommages sur les installations de collecte et massification	Besoin de capacités de stockage supplémentaires
Dommages sur les installations de traitement	Besoin de capacités de stockage supplémentaires

En France, leur réglementation est régie par la rubrique ICPE 2719 (voir § 5.1.3). Les ZST sont généralement ouvertes à la fin de la phase d'urgence ou au début de la phase de relèvement

et fermées pendant la phase de recouvrement. Les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe vont influencer sur le choix des ZST (Tableau 47, p. 307).

Toutefois, anticiper l'identification des ZST en amont des catastrophes, lors de la phase « système fonctionnel », ne va pas sans poser de problèmes aux acteurs qui s'y essaient. Une communauté de commune guadeloupéenne a par exemple identifié des ZST mais sans les rendre publiques de peur qu'elles ne deviennent des décharges sauvages. La DREAL zone Sud a également identifié les sites de gestion des déchets pouvant devenir des ZST, via les unités départementales de la DREAL qui connaissent bien ces sites, sans les rendre publiques car elle n'a pas les moyens d'octroyer des compensations financières pour le blocage de ces zones en temps normal, mais elle peut en débloquent en post-catastrophe. Autre difficulté, certaines villes sont en constante évolution. En 2015, une équipe de chercheur·euses turques identifiaient des ZST (Onan et al., 2015) qui n'étaient plus disponibles en 2020. Ces zones rentrent également en compétition avec les autres éléments de la gestion de crise (camps d'accueil des sinistré·es ou des secours, zones logistiques, etc.).

Les retours d'expérience post-catastrophe montrent également la difficulté de respecter les normes techniques préconisées par les guides. Le guide du CEREMA donne de nombreux éléments sur l'étanchéité du sol et le traitement des eaux de ruissellement, l'accessibilité, la séparation de l'espace pour le tri des déchets, la signalétique, le suivi des entrées-sorties et le gardiennage du site, etc. (CEREMA, 2019). Or après la tempête Alex, les ZST primaires installées par les mairies dans le haut de la vallée n'ont respecté aucune de ces prérogatives. Elles n'étaient ni étanches, ni accessibles par les camions de collecte et n'ont pas été déclarées. Sans signalétique, aucun tri n'y a été réalisé (Figure 67, p. 309). La CARF a également essayé d'ouvrir une mini-déchetterie temporaire, organisée simplement avec des barrières Vauban et quelques panneaux signalétiques pour trier les déchets. Un terrain au niveau de la *drop zone* avait été repéré. Cependant, il fallait quelqu'un pour surveiller le site. Pour respecter la réglementation, il fallait des toilettes et un point de chauffage pour cette personne. Pour le chauffage, le prestataire a proposé de mettre une camionnette à disposition, et la SNCF a donné l'autorisation pour utiliser les toilettes de la gare. Le temps que le matériel et le personnel soient réunis, le terrain avait été occupé pour une autre utilisation.



Figure 67 : ZST primaires à Breil-sur-Roya (en haut à gauche) (CARF) et à Tende (en haut à droite) (CARF) VS au Japon (en bas) (JSMCWM)

De manière générale, la topographie et l'aménagement du territoire ne permettaient pas d'identifier facilement une grande zone de stockage temporaire, qui aurait permis une séparation hors-site des déchets, comme cela a été le cas après les inondations de l'été 2021 en Belgique. Une vieille bretelle d'autoroute inutilisée, entre autres, a permis de stocker 85 000 tonnes de déchets (Figure 68, p. 310), avec un taux de recyclage final de 70 %¹⁰². Après l'ouragan Irma, 11 installations temporaires de transit de déchets ont été installées à Saint-Martin. Si ces installations ont été déclarées, aucune d'entre elle n'était implantée sur un sol étanche et les déchets en vrac n'étaient ni couverts ni protégés (Robin des bois, 2018).

¹⁰² <https://www.lalibre.be/belgique/societe/2022/07/14/un-an-apres-que-sont-devenus-les-dechets-des-inondations-on-est-arrive-a-un-tres-bon-pourcentage-de-valorisation-45KAWPRKT5DUZG43KBUP532K6I/>



Figure 68 : Autoroute de déchets en Belgique après les inondations de juin 2021. @kilianFichou/AFP

Préparer le système en situation normale pour diminuer les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe

Au-delà de ces aspects centrés sur la post-catastrophe, des liens doivent également être faits entre le système en situation normale et les risques de catastrophe. Cette adaptation du système est à notre sens plus facilement saisissable par les acteurs de la gestion des déchets car elle participe à l'amélioration générale du service de gestion des déchets, pas seulement en post-catastrophe. Ces liens sont résumés au Tableau 48 (p. 312).

Une des questions à se poser est par exemple la présence éventuelle des installations de traitement en zones à risques (ADEME, 2013). Beaucoup d'installations de traitement des déchets sont ainsi situées en zones inondables, car c'est souvent là qu'il y a de la place. C'est notamment le cas en Ile-de-France (voir Figure 69, p. 311), où un tiers des incinérateurs, correspondant à 56% des capacités d'incinération de la région, seraient inondés dans le cas d'une crue de la Seine de type 1910 (Région Ile-de-France, 2019). On peut aussi citer le cas des anciennes décharges construites sur le littoral (§ 5.2.2, p. 267). Outre le fait d'éviter de construire de nouvelles installations en zones à risque, il faut évaluer et améliorer la résilience des installations existantes.

Vulnérabilité des installations de traitement et de collecte de déchets

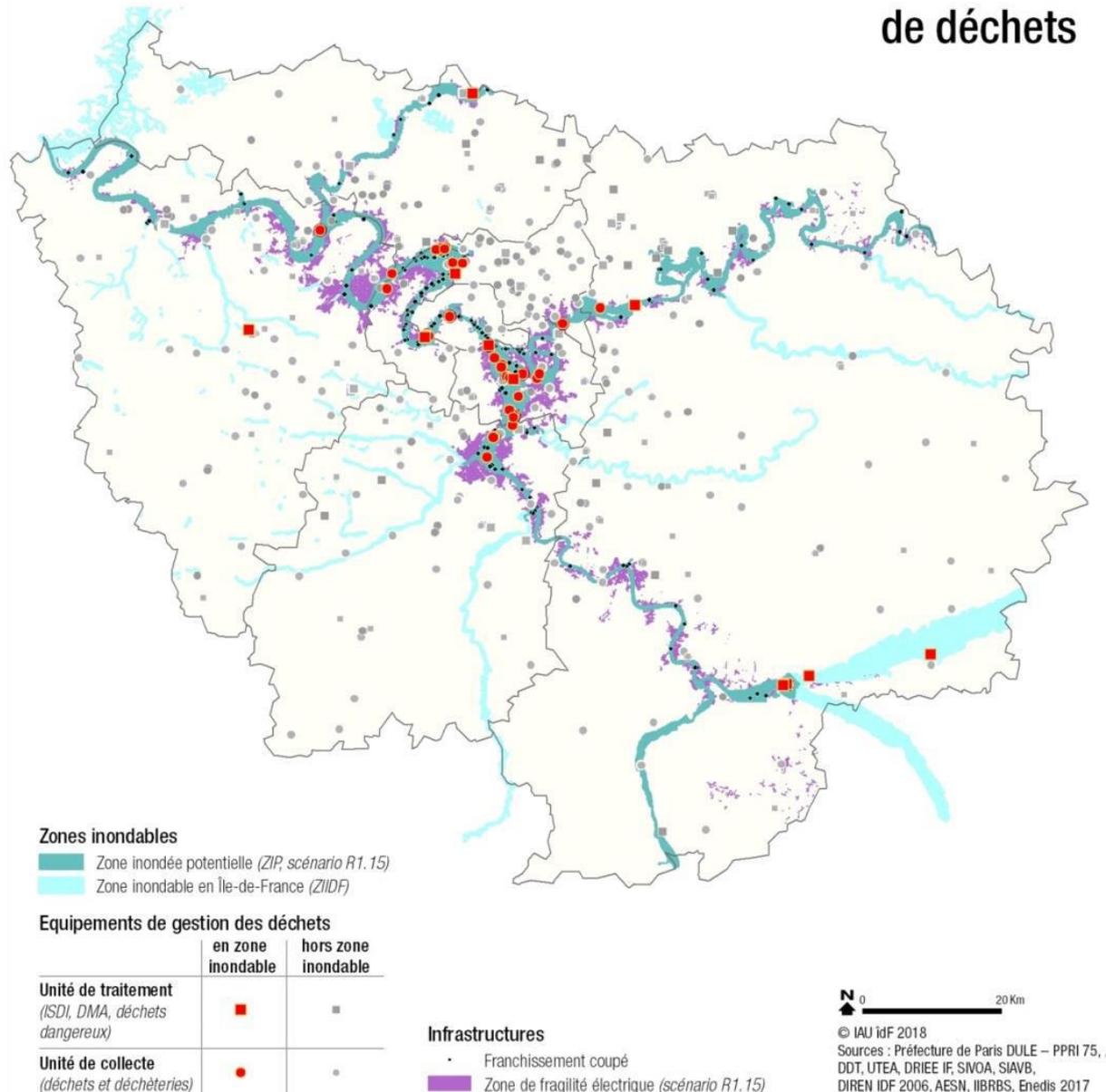


Figure 69 : Exposition des installations de traitement et de collecte des déchets aux inondations en Île-de-France (Région Île-de-France, 2019)

Enfin, toutes les activités de prévention et de diminution des déchets en temps normal vont *a priori* également prévenir et diminuer les quantités de déchets post-catastrophe. Cela se vérifie en particulier pour les déchets de la continuité d'activité. Par exemple, dans les communes isolées après la tempête, il n'y avait pas de solution de compostage en place, ce qui a augmenté le nombre de collectes nécessaires, notamment car ce sont les déchets organiques qui présentaient le plus de risques sanitaires du fait du risque de moisissures. Des emballages cartons ont également été brûlés alors qu'ils auraient pu être compostés. La

tempête Alex a fait des naître des réflexions à la Région sur l'organisation des collectes en temps normal : la fréquence des collectes est-elle trop élevée pour être alignées avec les objectifs de prévention et de réduction des déchets ménagers ? Comment faire pour améliorer l'autonomie du traitement des déchets ménagers sur les territoires, et éviter ainsi ce sur-stockage en cas d'aléas naturels ?

Tableau 48 : Liens entre activités de prévention en situation normale et diminution des indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe

Indicateurs	Actions
Indicateurs de la catastrophe	
Echelle générale de la catastrophe	/
Nombre de personnes déplacées	Autonomiser et mettre en place une gestion plus locale des déchets pourra éviter certains déplacements de personnes
Entendue géographique	/
Durée de l'aléa	/
Perturbation du réseau routier	/
Indicateurs des déchets post-catastrophe	
Volume de déchets	Diminuer et prévenir les déchets en temps normal va <i>a priori</i> diminuer la quantité de déchets post-catastrophe
Danger pour la santé humaine	Diminuer et prévenir la dangerosité des déchets en temps normal va <i>a priori</i> diminuer les risques sanitaires et environnementaux post-catastrophe
Danger pour l'environnement	
Déplacement de déchets	/
Difficultés de gestion des déchets	/
Indicateurs des capacités de gestion des déchets	
Dommages sur les installations de collecte et massification	Améliorer la résilience des installations de traitement va diminuer les dommages post-catastrophe
Dommages sur les installations de traitement	Améliorer la résilience des installations de traitement va diminuer les dommages post-catastrophe

6.2.4. Quelles stratégies pour opérationnaliser la planification ?

Une fois ces premières étapes effectuées, il sera alors possible de rentrer plus finement dans la réalisation de plans ou d'exercices de gestion des déchets post-catastrophe. Il s'agit alors de se demander quelle stratégie de planification mettre en place.

La fin des situations exceptionnelles ?

Nous avons commencé le chapitre 1 en définissant une situation exceptionnelle (pour rappel, la loi française ne mentionne pas les déchets post-catastrophe mais les déchets issus de situations exceptionnelles) comme une situation qui désorganise de manière imprévisible une ou plusieurs parties du système de gestion des déchets « en situation normale ». Or entre

temps, nous avons souhaité « inclure la crise comme un moment du système » (§ 3.2.2), entendant par-là : inclure, pas tant les désorganisations mais, surtout, les réorganisations du système de gestion des déchets à la suite d'une catastrophe. En poussant cette idée au maximum, il n'y aurait alors plus de situation exceptionnelle comme définie plus haut, puisque ces situations, bien que toujours imprévisibles, mèneraient à des réorganisations et non plus à des désorganisations.

Cette idée s'appliquait sans trop de difficulté tant que l'on restait au niveau de notre étude fonctionnelle. Elle fonctionne également plutôt bien avec le principe des activités d'importance vitale. Bien que les SAIV soient considérés comme une organisation pour répondre à des situations de crise, elle vise à faire internaliser au maximum cette réponse par les opérateurs, et donc à intégrer les crises aux systèmes. Cet aspect ressort bien dans le cas du système électrique où l'articulation entre incident et (ré)organisation du réseau est permanente. C'est le même principe avec l'intégration des déchets de situation exceptionnelle dans les cahiers des charges des éco-organismes.

Toutefois, les limites apparaissent bien vite lorsque l'on confronte cette idée à la réalité opérationnelle. Premièrement, nos entretiens ont montré que la plupart des acteurs déchets ne se considèrent pas comme des acteurs de la gestion des catastrophes. Mais au-delà de ça, il est difficile de réaliser un plan de gestion de crise sans s'intéresser à des événements particuliers. Les documents étudiés au paragraphe 6.1.1 présentent ainsi différentes stratégies de planification.

Les stratégies de planification pour la gestion des déchets post-catastrophe

Les guides présentés au paragraphe 6.1.1 traitent principalement des risques naturels, avec certains risques accentués selon les régions (tsunamis pour les guides en Asie et au Pacifique, ouragans pour les guides états-uniens, tremblement de terre pour les guides en Amérique latine, ...). Les risques technologiques ou sanitaires ne sont jamais considérés, et seuls quatre guides mentionnent des risques sociaux : le guide de la FEMA parle du terrorisme et les guides de l'UNOCHA, et l'OPS et du Chili des conflits armés de courte ou longue durée. Cela amène notamment à considérer les déchets des munitions, potentiellement explosifs.

L'analyse plus fine des documents de planification a permis de relever des stratégies de planification particulières, dont notamment :

- **Le développement de scénarios extrêmes.** La préfecture de Kumamoto propose des scénarios en fonction des différentes failles sismiques dans la région (Kumamoto Prefecture, 2016). On trouve trois types de scénarios : séisme seul, tsunami seul, séisme + tsunami. Les scénarios présentés sont des scénarios « extrêmes » : la préfecture considère que si elle se prépare pour des événements extrêmes, elle saura répondre à des événements de moindre ampleur. De ce fait, une estimation des quantités de déchets d'inondation est faite, mais celle-ci étant nettement moins importante que pour un séisme ou un tsunami le scénario de gestion n'est pas développé.
- **Le développement de scénarios prioritaires.** Dans son PRPGD, la Région Ile-de-France identifie 13 risques sur son territoire (Région Ile-de-France, 2019). Elle a noté chacun des risques en fonction de quatre indicateurs : la fréquence de survenance de l'aléa ; l'intensité du phénomène, la gravité 1 sur la production de déchets et sur la perturbation du service de collecte et traitement des déchets ; la gravité 2 sur la gestion des déchets à l'échelle de l'Ile-de-France / impact géographique plus ou moins localisé. Elle a ensuite choisi de se concentrer sur la planification de tous les risques ayant une note totale supérieure à 20% de la note maximale possible, soit les risques d'inondations, de pandémies grippales, et de tempêtes et vents violents.

La question sous-jacente ici est : à quelles situations exceptionnelles se prépare-t-on ? Doit-on se préparer à des événements extrêmes mais peu probables ou à des événements plus fréquents mais dont l'impact est moins important ?

Si la stratégie de se préparer à des scénarios extrêmes en considérant que l'on saura alors gérer des événements moins importants peut se révéler payante, elle trouve aussi ses limites. Tout d'abord, du fait de l'organisation de la gestion de crise avec son déclenchement par échelon, une préparation à des événements extrêmes impliquera directement le déclenchement des échelons supérieurs, sans forcément améliorer la préparation des échelons inférieurs à des événements moindres. Ensuite, avec l'exemple de la planification de la préfecture de Kumamoto, on voit que le cas des inondations, considéré comme moins extrême que les séismes et les tsunamis, n'a pas été traité. Or il pourrait amener des enjeux

différents, avec par exemple un pourcentage bien plus élevé de la population qui reste sur place, et donc une quantité plus importante de déchets de la continuité d'activité à traiter.

Préparer des scénarios prioritaires, en fonction notamment de l'occurrence de l'aléa, est une stratégie intéressante pour débiter un processus de planification, car ces situations sembleront plus vraisemblables et permettront *a priori* de mobiliser plus facilement des acteurs. En revanche, ces scénarios ne permettront de se préparer qu'à des scénarios imaginables, or la crise amène de l'inconnu, de l'incertain et de l'inimaginable (Reghezza-Zitt, 2019).

Ces questions autour du choix du scénario s'intègrent dans celles sur le processus de planification pour se préparer à la gestion des déchets post-catastrophe. Etant donné la difficulté de mobiliser les acteurs sur le sujet, il faudra probablement commencer par se demander ce qu'on planifie, à quels événements on se prépare.

Ensuite, si le choix du scénario extrême est fait, comment le définir ? Est-ce par exemple un scénario qui maximise tous les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe ? Sur le cas de la Roya, déjà considéré comme « inimaginable », de nombreux éléments auraient pu compliquer encore plus la gestion des déchets : plus de bâtiments détruits, la ligne de train complètement hors service, des températures plus élevées, le débordement du Var et l'inondation de Nice, etc.

Un exemple de scénario : utilisation de la méthode AFER pour la planification

La méthode AFER, du fait de son aspect systémique, pourrait être adaptée assez facilement pour servir au développement de « pseudo-scénarios » catastrophe sur des systèmes de gestion des déchets. Nous parlons de pseudo-scénarios car l'intérêt de la modélisation systémique effectuée est justement de pouvoir désorganiser différents « modules » du système, sans qu'il soit nécessaire de développer des scénarios précis autour de l'aléa et du reste des choix de gestion de crise. Les autres réseaux urbains et les autres éléments de la gestion de crise sont considérés via leurs interdépendances avec le système, et permettent d'ouvrir des discussions sur les effets de leur dysfonctionnement sur le système de gestion des déchets (et *vice versa*), sans avoir besoin d'une connaissance fine de leur fonctionnement.

De plus, nous proposons d'utiliser comme paramètres les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe, qui ne dépendent pas de l'aléa. Les pseudo-scénarios sont donc multi-aléas.

L'utilisation de ces paramètres permet de maîtriser les contraintes appliquées au système, et d'étudier la manière dont il réagit à ses contraintes. Chaque paramètre a un impact direct sur certains sous-systèmes (Tableau 49, p. 316). Par exemple, le volume de déchet impacte directement la production (augmentation des quantités), tout comme la dangerosité des déchets (changement dans la composition du gisement). Les perturbations sur le réseau routier vont plutôt présenter un impact direct sur la collecte des déchets, via les problèmes de transport.

Tableau 49 : Impacts directs des indicateurs sur les sous-système du système de gestion des déchets

Sous-système Indicateur	Pilotage	Production	Collecte	Traitement
Indicateurs de la catastrophe				
Echelle générale de la catastrophe	X			
Nombre de personnes déplacées		X	X	
Entendue géographique	X			
Durée de l'aléa				
Perturbation du réseau routier			X	
Indicateurs des déchets post-catastrophe				
Volume de déchets		X		
Danger pour la santé humaine		X		
Danger pour l'environnement		X		
Déplacement de déchets			X	
Difficultés de gestion des déchets			X	X
Indicateurs des capacités de gestion des déchets				
Dommages sur les installations de collecte et massification			X	
Dommages sur les installations de traitement				X

Ces paramètres peuvent être qualifiés selon des niveaux « faible », « moyen » ou « élevé ». Ils peuvent être appliqués séparément ou combinés entre eux. La perturbation de tous les paramètres au niveau élevé serait-elle le scénario du pire ? Il s'agit ensuite d'identifier les

désorganisations qui en découlent aux différentes phases de la catastrophe, puis d'imaginer les réorganisations possibles pour répondre aux enjeux qui émergent.

A titre d'exemple, reprenons le cas de la gestion des déchets ménagers et des DASRI dans la Roya (Figure 48, § 4.3.2, p. 214), et perturbons le paramètre « dommages sur les installations de traitement »¹⁰³ en imaginant que plus aucune des installations de traitement habituelles ne soit disponible (Figure 70, p. 318). S'il ne s'agissait que des déchets de la Roya, il serait assez facile de les réorienter vers d'autres installations. Toutefois ici, cela signifie, dans l'idée, qu'il n'y a plus d'exutoires pour tous les déchets ménagers des Alpes Maritimes et une partie du Var.

Dans l'ordre, trois problèmes principaux vont se poser : 1) l'évacuation des DASRI ; 2) l'évacuation des OMR, en particulier des déchets organiques ; 3) la saturation des espaces de stockage, avec les risques d'éparpillement des déchets dans le milieu.

On peut proposer plusieurs réponses (Figure 71, p. 319) :

1. Prioriser l'évacuation des DASRI vers les incinérateurs en dehors du département. Cela aura un coût économique et environnemental sur l'allongement des temps de transport.
2. Mettre en place des solutions de compostage pour la matière organique. Il faudrait toutefois des personnes habilitées à encadrer cela car d'une part l'activation des composts peut prendre du temps et d'autre part en l'absence d'habitude il faut veiller à ce que le compost soit bien tenu (bons déchets jetés dedans, équilibre des matières, etc.). La solution, viable sur le long terme, aurait un impact court terme limité.
3. Réorganiser les déchetteries pour prioriser l'accueil des OMR et des emballages, au détriment par exemple des encombrants qui peuvent généralement être conservés sans risque chez les particuliers.

¹⁰³ Nous avons choisi ce paramètre car l'arrêt du fonctionnement de l'incinérateur de Nice est une des craintes exprimées par la Région et la DREAL, et qu'il nous a paru intéressant d'observer l'effet des perturbations sur le sous-système « Traitement » qui n'a pas été impacté par la tempête Alex.

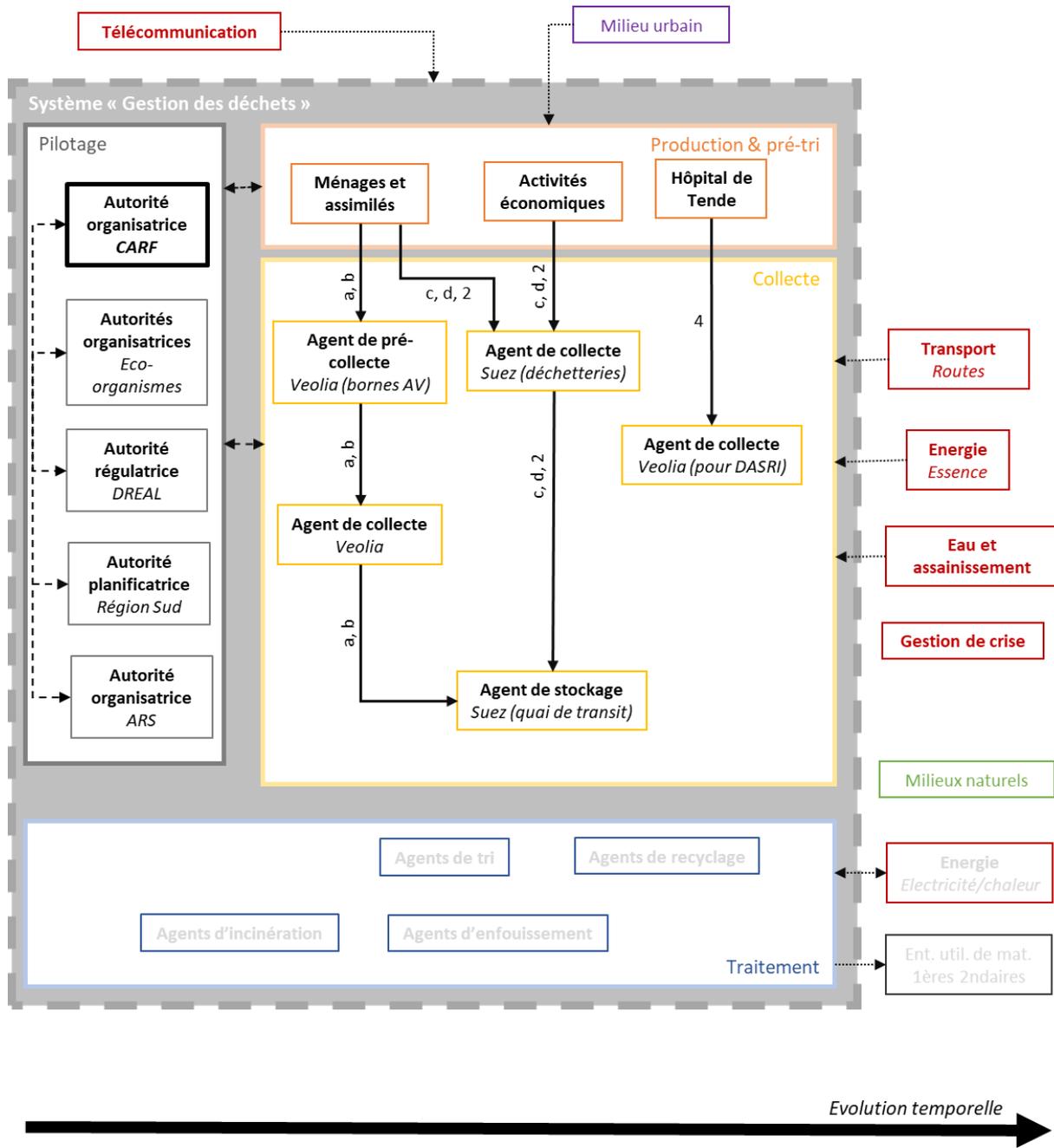


Figure 70 : Bloc-diagramme fonctionnel 2 pour la planification des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Survenue de l'aléa

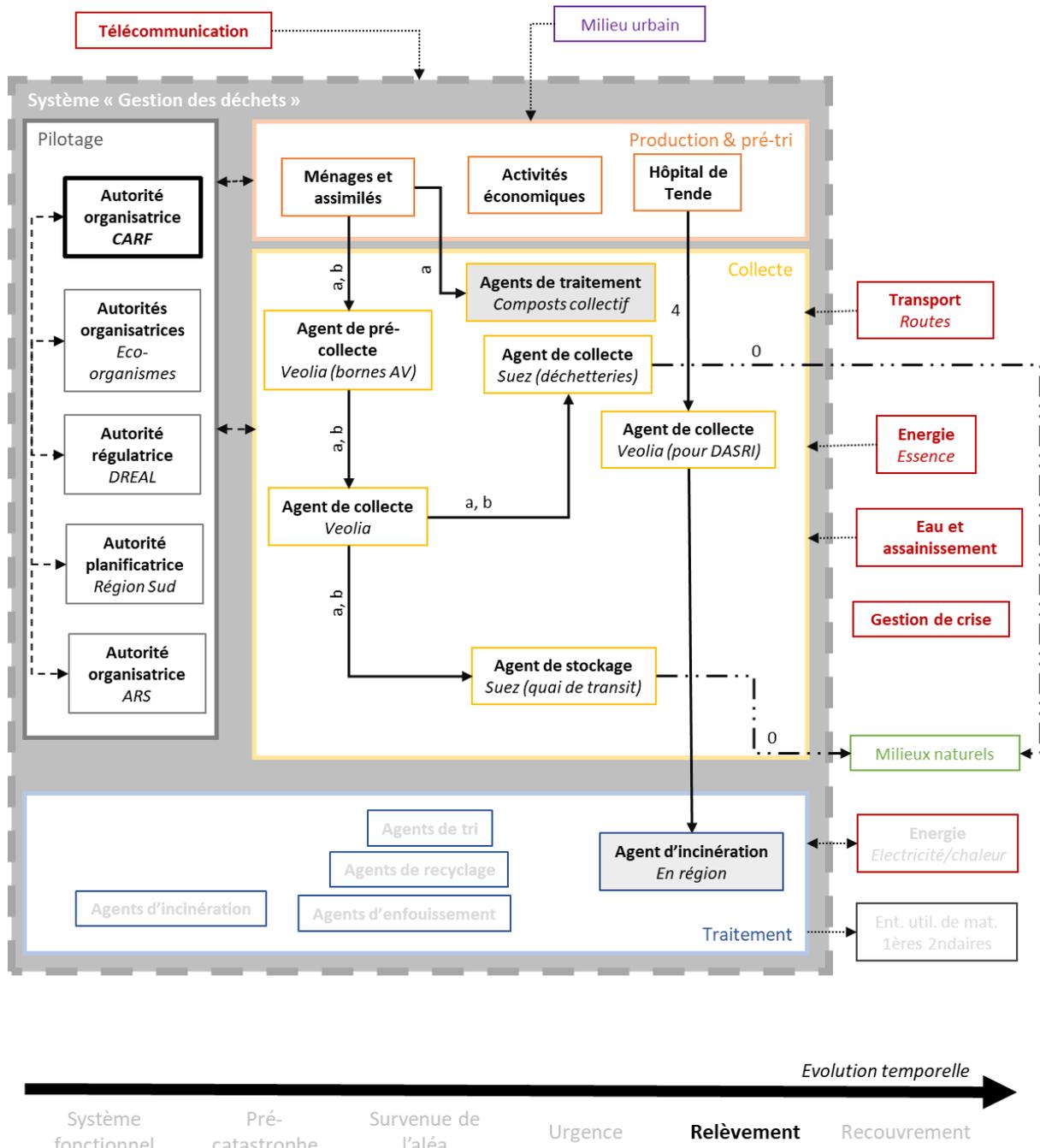


Figure 71 : Bloc-diagramme fonctionnel 4 pour la planification des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Relèvement.

Légende : --- : risques d'éparpillement de déchets dans les milieux naturels

Le risque de dépôts sauvages et d'éparpillement des déchets est particulièrement élevé. On peut en effet voir lors des grèves éboueur-euses que les poubelles continuent d'être sorties. Des journées de nettoyage seront donc probablement nécessaires. Elles impliqueraient, en plus des acteurs déchets, les organismes environnementaux (parc du Mercantour, syndicats de rivière), les mairies et les associations.

Sur le long terme (Figure 72, p. 321), si les installations de traitement restent indisponibles, il sera du ressort de la CARF et de ses prestataires de trouver des nouvelles solutions d'évacuation. Encore une fois, le dysfonctionnement touchant une zone plus large, ces discussions impliqueront *a priori* les autres intercommunalités impactées, la Région et la DREAL. En cas d'accumulation trop importante, des moyens d'évacuations peuvent être mobilisés, soit par les gestionnaires de déchets, soit par la préfecture, pour évacuer les déchets dans d'autres régions.

Cette réorganisation est possible si les routes sont encore disponibles. Imaginons maintenant que le réseau routier pour sortir de la Roya soit fortement perturbé. Le quai de transit et les agents de collecte ne sont plus disponibles. Il faudra alors évacuer les DASRI par train et probablement ouvrir des nouvelles zones de stockage temporaire. Les collectes seraient gérées soit par les habitant·es, soit par les services techniques des mairies. L'évacuation par train pourrait éventuellement avoir lieu si tant est que la métropole de Nice ait trouvé une solution pour évacuer ses propres déchets.

Cet exemple rapide montre ainsi la possibilité d'utiliser la méthode AFER pour discuter de scénarios catastrophe. Comme nous l'avons discuté au paragraphe précédent, la question de la pertinence de développer des scénarios dans des plans se pose. Toutefois ici, l'outil peut servir pour organiser des exercices de gestion de crise, ou simplement des discussions sur des modes de désorganisation possibles et les mécanismes à mettre en place pour y répondre.

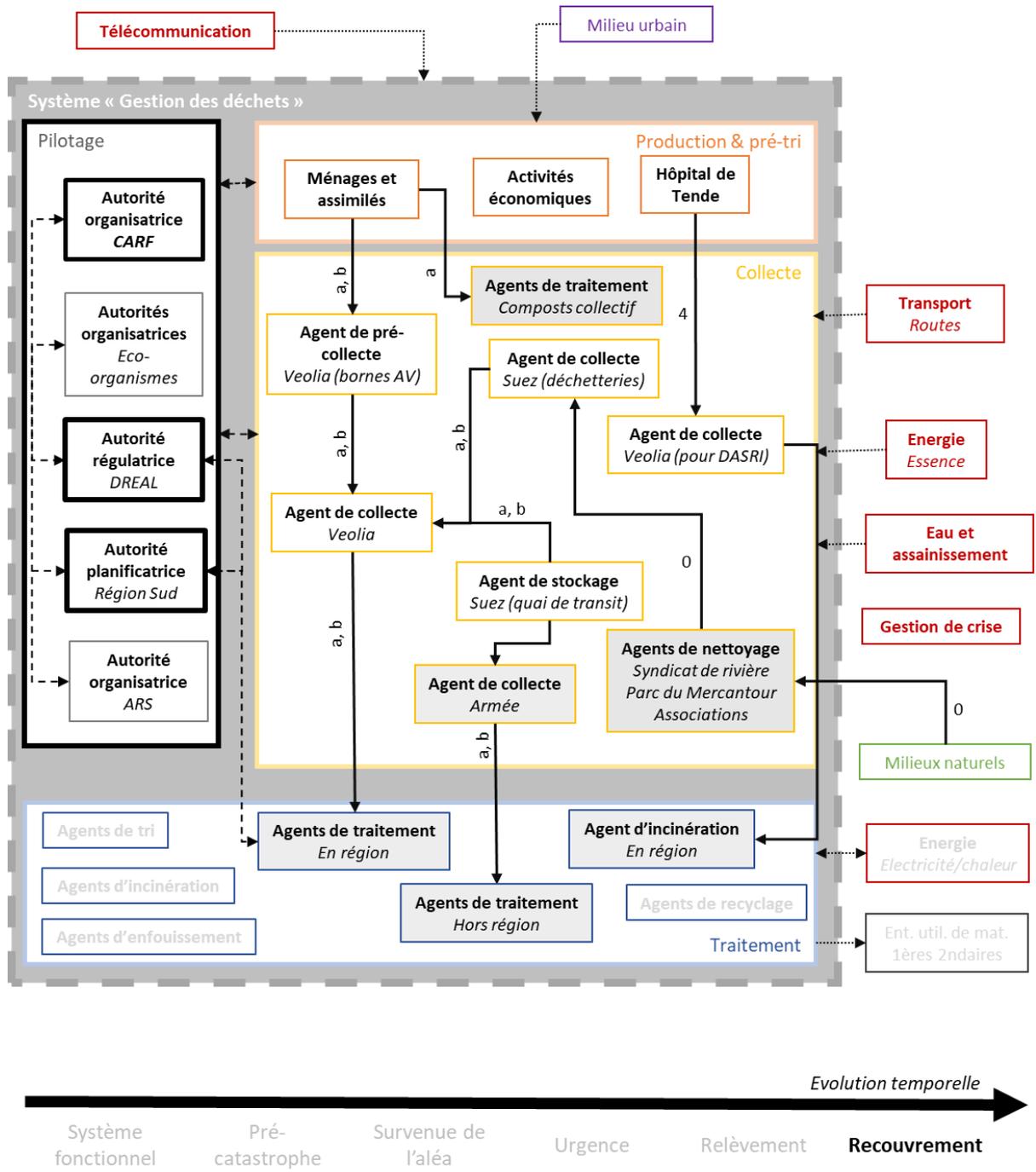


Figure 72 : Bloc-diagramme fonctionnel 5 pour la planification des déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité. Recouvrement.

Conclusion du chapitre 6

Les discussions sur l'organisation en filière ou en activité d'importance vitale ont donc amené à se questionner sur la planification de la gestion des déchets post-catastrophe. Cette planification telle qu'elle est traitée dans la littérature académique semble plutôt orientée vers la réalisation d'un plan unique, piloté par un acteur principal, soit de la gestion de risque soit de la gestion des déchets. Cette vision nous semble peu pertinente au vu de la multiplicité des acteurs et de leurs activités : les activités à préparer dépendent à la fois des temporalités de la gestion de crise et des spécificités de l'évènement (évènement qui peut être résumé par les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe), d'où leur grande diversité. La responsabilité de la planification de la gestion des déchets doit être multi-acteurs.

Dès lors, la question porte, plus que sur le contenu des plans, sur le processus de planification, et les moyens de multiplier le plus rapidement le nombre d'acteurs se préparant à la gestion des déchets post-catastrophe. La première étape serait alors d'identifier les acteurs impliqués et leurs responsabilités, puis d'améliorer leurs connaissances des enjeux de la gestion des déchets post-catastrophe, et leur interconnaissance avec chaque acteur.

Ensuite, certains éléments peuvent être considérés plus facilement par les acteurs. L'identification des ZST, composants centraux de la gestion des déchets post-catastrophe, reste, malgré les difficultés évoquées, plus simple à réaliser que le développement et l'utilisation d'outils d'aide à la décision, notamment de quantification. Certaines activités sur l'adaptation du système (adaptation des collectes, amélioration de la résilience des installations, amélioration du traitement de proximité, etc.) peuvent également être plus facilement considérées par les acteurs de la gestion des déchets car elles améliorent avant tout le système en situation normale.

Pour les acteurs les plus avancés dans le processus de planification, les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe peuvent permettre de proposer des scénarios catastrophe pour mieux se préparer.

Conclusion générale

Principaux résultats

Cette thèse a étudié la réorganisation du système de gestion des déchets après une catastrophe en s'appuyant sur un couplage entre analyse fonctionnelle et analyse filière. La méthode d'analyse a été appliquée à la gestion des déchets dans la vallée de la Roya après la tempête Alex. Elle a permis d'améliorer les connaissances sur les déchets dits « post-catastrophe », bien que nous ayons vu que cette terminologie n'était pas tout à fait appropriée (§ 1.1.1). Paradoxalement, alors que la demande pour le service de gestion des déchets augmente après une catastrophe, du fait des grandes quantités de déchets produites, l'intérêt pour le sujet est resté jusqu'à maintenant relativement faible comparé à celui pour les autres services urbains en réseau (eau, énergie, transport et télécommunication).

Ce manuscrit s'est intéressé à la caractérisation des filières de gestion des déchets. Peu de travaux s'étaient jusqu'alors étendus sur la question. Pour notre part, ce besoin est ressorti des discussions sur la gestion des déchets après une catastrophe : y a-t-il des filières de gestion des déchets post-catastrophe, et si oui comment les définir ? De manière large, la définition suivante a été posée : une filière de gestion des déchets est une chaîne verticale d'activités liées entre elles par des échanges (circulation de déchets et matériaux, flux d'information, transactions marchandes, etc.), depuis l'élaboration d'un bien jusqu'à la gestion de sa fin de vie, la fin de vie correspondant soit à l'élimination du déchet par enfouissement, soit à sa sortie du statut de déchet par réutilisation, recyclage ou valorisation énergétique. Plus finement, une filière de gestion des déchets peut être caractérisée par huit éléments :

1. Des flux entrants de produits en amont et des flux sortants de ressources ou de services en aval, ainsi que des déchets ultimes à éliminer pour les filières de valorisation ;
2. Une production de valeur relative, avec des gains environnementaux et sociétaux souvent plus importants que les gains économiques ;
3. Des échanges forts au sein de la filière, mais aussi avec l'extérieur (pollution, fuite de déchets, transfert de déchets) ;

4. Une linéarité, malgré une volonté d'intégrer les déchets dans des échanges « circulaires » ;
5. Des délimitations subjectives et des superpositions de filières ;
6. Des règles officielles ou officieuses d'encadrement ;
7. Une dimension spatiale ;
8. Une certaine permanence dans le temps.

Ces caractéristiques ont été traduites en six paramètres pour intégrer les filières dans une étude systémique : des flux d'échanges physiques de déchets et de déchets transformés ; des flux « administratifs » d'information, de régulation, de planification, de moyens ; des relations de dépendance du système de gestion des déchets vis-à-vis des autres systèmes urbains et *vice versa* ; une fonction « *traiter le flux de déchets X en respectant au mieux la hiérarchie des modes de traitement et les normes législatives* » ; l'échelle spatiale de la gestion des déchets de la filière ; et la permanence dans le temps de la filière.

Ce paramétrage a permis de suivre l'évolution des filières sélectionnées au sein d'une analyse fonctionnelle. L'analyse développée ici enrichit les études classiques en sureté de fonctionnement, qui déclinent l'étude du système en deux temps – « *analyse fonctionnelle* » et « *analyse dysfonctionnelle* », en proposant de décliner six temporalités qui font écho à la gestion des risques naturels : le système fonctionnel, la pré-catastrophe, la survenue de l'aléa, la phase d'urgence, le relèvement et le recouvrement.

Au-delà de centraliser les éléments du retour d'expérience de la gestion des déchets post-catastrophe dans la vallée de la Roya, la méthode proposée permet d'observer et d'analyser en détail l'évolution du système de gestion des déchets. Elle a permis de mettre en avant les nouvelles typologies d'agents qui apparaissent dans le système, les raisons pour lesquels ils apparaissent, les acteurs qui les composent et la manière dont ils s'insèrent dans le système. Par exemple, des agents de nettoyage apparaissent du fait des grandes quantités de déchets et de leur éparpillement dans le milieu naturel. Ces agents peuvent être des associations ou de bénévoles, des acteurs de la gestion de crise avec du matériel particulier, entreprises du BTP, etc. Ils interviennent soit dans l'urgence, sans trop de coordination avec les acteurs déchets en place, soit pour le nettoyage à long terme du territoire, la coordination avec les acteurs déchets ayant alors le temps de se structurer.

Une de nos sous-questions était de voir si des nouvelles filières de gestion des déchets apparaissaient après des catastrophes.

Les résultats obtenus sur la Roya montrent d'abord qu'il est raisonnable de considérer que de nouvelles filières, ou du moins « pseudo-filières » apparaissent post-catastrophe : une filière générale « déchets post-catastrophe » ou encore différentes filières déchets verts post-catastrophe semblent par exemple se dessiner, puisqu'elles répondent globalement aux six paramètres de caractérisation d'une filière. Opérationnellement, la mise en place de filières spécifiques pourrait permettre le développement d'acteurs spécialisés dans la gestion des déchets post-catastrophe (permettant en particulier *a priori* un nettoyage plus rapide du territoire) ainsi que la spécialisation des industriels de la gestion des déchets. Le développement de filières de gestion des déchets post-catastrophe pourrait permettre de structurer des manières de faire (de trier, de stocker, de traiter...) spécifiques à ces déchets, d'avoir des acteurs formés à ces situations particulières ou encore de développer de l'expertise. On peut toutefois se demander si l'organisation en filière est un gage de développement de techniques adaptées, et au-delà, de bonnes pratiques ? Il existe en effet un risque de baisse des exigences face aux normes environnementales en vigueur. Lorsque tous les déchets sont collectés ensemble, le tri et donc derrière les possibilités de recyclage, diminuent. De plus, il peut sembler difficile de mobiliser des acteurs pour mettre en place ces filières, notamment vis-à-vis de l'incertitude de leur activation, liée à l'incertitude de la survenue de l'aléa, et de la faible disponibilité de moyens humains, techniques et financiers.

La possibilité de replacer la gestion des déchets comme une activité d'importance vitale est une alternative qui paraît alors intéressante. Elle pourrait induire d'autres aspects sur la responsabilisation des acteurs de la gestion des déchets, la conservation des filières existantes même après une catastrophe, et l'intégration du système de gestion des déchets dans la culture commune de la gestion de crise en lien avec les autres activités d'importance vitale, dont les autres réseaux techniques urbains (énergie, transport, télécommunication, eau et assainissement). Dans une certaine mesure, une organisation similaire à celle des activités d'importance vitale apparaît déjà, notamment avec l'obligation faite aux Régions d'inclure une partie sur les déchets de situation exceptionnelle dans leur PRPGD (ou plutôt à l'avenir dans les SRADDET), et celle faite aux éco-organismes de reprendre les déchets post-catastrophe.

Finalement, ces travaux nous ont amenés à questionner le processus de planification à mettre en place pour une planification « efficace ». Nous avons considéré ici qu'être efficace consistait dans un premier temps à sensibiliser le maximum d'acteurs le plus rapidement possible. Ainsi, si certains points spécifiques méritent d'être considérés – notamment les zones de stockage temporaire qui sont un élément central de la gestion des déchets en situation de catastrophe et dont l'identification rencontre de nombreux problèmes, à la fois techniques et organisationnels – il nous semble qu'il s'agirait plutôt de commencer par identifier tous les acteurs concernés et leurs responsabilités, et de leur faire prendre connaissance des enjeux de la gestion des déchets post-catastrophe.

Apports, limites et perspectives de la recherche

Sur le retour d'expérience

Au niveau de l'enquête terrain, celle-ci s'est limitée principalement à la vallée de la Roya et à une partie du littoral, afin d'étudier les filières de gestion des déchets sur un seul territoire et de limiter les variations géographiques et administratives. Certains acteurs qui sont intervenus sur tout le territoire impacté (côté français) ont été interrogés, mais l'enquête n'a pas été approfondie sur le territoire de la Métropole Nice Côte d'Azur (MNCA). Le côté italien n'a pas non plus fait l'objet d'une enquête. L'évènement météorologique étant le même, ces deux autres cas auraient pu fournir des éléments de comparaison intéressants :

- Côté MNCA, des dégâts similaires mais sur un territoire légèrement moins encaissé et avec des moyens plus importants car il est structuré autour d'une métropole ;
- Côté italien, les dégâts ont été légèrement moins importants mais l'évènement reste similaire, il aurait été intéressant de voir les différences organisationnelles pratiquées sur ce territoire. De plus, cela aurait permis d'approfondir la question du traitement des déchets produits en France et ayant traversé la frontière.

Plus largement, l'enquête a porté sur une temporalité allant de la phase d'urgence au début de la reconstruction. La gestion des déchets de la reconstruction long terme, en particulier ceux issus des bâtiments dont la démolition n'avait pas encore commencé au moment de l'enquête, n'a pas été traitée. De manière générale, cette phase, du fait de son étendue temporelle, est moins bien traitée dans les retours d'expérience sur la gestion des déchets

post-catastrophe. Or cette phase pose de nombreuses questions : d'abord au niveau assurantiel, comment sont financées ces démolitions (et le cas échéants ces reconstructions) ? Ensuite au niveau de la gestion des déchets de la catastrophe : dans quelle mesure les déchets peuvent-ils être réutilisés pour la reconstruction, et quelles conditions favorisent la réutilisation voire le réemploi ? Enfin, nous avons déjà soulevé quelques questions, au niveau du système de gestion des déchets, mais elles mériteraient d'être approfondies : comment adapter le système pour se préparer aux prochaines catastrophes et à l'inverse, comment la gestion des déchets en situation de catastrophe peut permettre d'adapter le système en situation normale ?

Sur les filières

Un certain nombre de travaux sur la gestion des déchets mobilisaient fortement déjà le concept de filière (Bahers, 2015; Beraud, 2013; Merot, 2014; Pierrat, 2014), sans le définir dans le détail. Ces travaux sur la réorganisation du système de gestion des déchets en post-catastrophe ont été l'occasion de s'intéresser de plus près à la question. La filière a ici été caractérisée de manière relativement théorique, à partir des travaux plus anciens sur les filières industrielles et agricoles et des travaux sur la gestion des déchets.

Il pourrait être intéressant de compléter ces premières réflexions, d'une part par une approche quantitative, via une analyse des flux échangés, mais surtout par une approche plus empirique, en interrogeant les acteurs des filières pour savoir ce qu'ils entendent lorsqu'ils parlent de filières, comment ils les délimitent, comment ils se reconnaissent, etc.

Approfondir ces éléments sur les filières permettrait d'améliorer la compréhension du système de gestion des déchets, qui se complexifie avec la multiplication des flux et des nouvelles méthodes de gestion. Cette approche pourrait par exemple permettre de s'intéresser à un sujet que nous avons évoqué sans nous y attarder : l'intégration de la prévention et de l'écoconception dans les filières déchets, les politiques publiques se tournant de plus en plus vers l'évitement du déchet.

Sur l'organisation de la gestion des déchets post-catastrophe

Tout d'abord, nous avons ajouté deux indicateurs sur les capacités de gestion des déchets aux indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe de Charlotte Brown. L'ajout de ces

indicateurs permet de compléter le cadre d'analyse proposé par cette autrice pour améliorer la compréhension de la gestion des déchets post-catastrophe, ainsi que d'être plus exhaustif pour proposer des scénarios catastrophe pour la planification.

Les travaux étudiant le système de gestion dans son ensemble sont surtout des outils d'aide à la décision avec des modélisations quantitatives. Nous avons proposé ici une approche systémique, certes qualitative, mais qui à notre sens est plus complète en ce qu'elle permet l'identification de tous les acteurs concernés et de leurs relations. Les travaux apportent de ce fait des éléments sur l'aspect organisationnel de la gestion des déchets post-catastrophe, qui était jusqu'alors peu traité (Brown et al., 2011; Zhang et al., 2019). Hélène Beraud (2013) avait également proposé une approche systémique pour étudier les sources potentielles de dysfonctionnement du système de gestion des déchets et leurs impacts sur le territoire. Pour prolonger ces travaux, nous avons étudié la réorganisation du système pour répondre à ces dysfonctionnements, aux différentes étapes de la catastrophe.

Cette approche est donc un apport intéressant pour la modélisation du système de gestion des déchets en post-catastrophe. Elle ouvre derrière des perspectives d'amélioration des outils de planification et d'aide à la décision, en permettant notamment d'affiner la réalisation de scénarios catastrophe. La méthode utilisée pourrait par exemple être adaptée pour servir à la planification. Nous avons montré une ébauche de ce que cela pourrait donner dans le dernier chapitre, mais cela mériterait d'être testé et approfondi sur un territoire, en co-construisant l'analyse fonctionnelle et les scénarios avec les acteurs de ce territoire. Des aspects quantitatifs pourraient alors être ajoutés : quantité de déchets, dimensionnement des zones de stockage temporaire, volume de camions nécessaire, etc. Il serait alors intéressant de suivre la manière dont chaque acteur s'approprié les résultats.

De plus, les résultats sur l'identification des acteurs et de leurs responsabilités, à la fois dans la gestion opérationnelle et dans la planification, s'inscrivent dans une réflexion plus large sur la transformation des missions, des métiers et des pratiques des acteurs du déchet dans un contexte global changeant, sujet à l'incertitude, dû à la raréfaction des ressources, l'augmentation des quantités de déchets, la modification des gisements ou encore la mondialisation des échanges de déchets. Compte tenu de l'augmentation très probable des impacts des catastrophes dues au changement climatique et à l'urbanisation, les problèmes liés aux déchets liés aux catastrophes deviendront également de plus en plus importants. Il

devient donc nécessaire de repenser les métiers autour du déchet pour intégrer ces nouveaux enjeux.

Sur la méthode AREF

Une communauté importante de chercheur·euses¹⁰⁴ travaille sur les méthodes de sûreté de fonctionnement, et en particulier d'analyse fonctionnelle et d'AMDE en génie urbain.

Nos travaux de thèses enrichissent les analyses de sûreté de fonctionnement, généralement découpées en analyses fonctionnelles et dysfonctionnelles, par un déploiement aux différentes étapes de la gestion de crise est un apport important de la méthode. Cela ouvre des possibilités pour mieux développer temporellement les analyses des dysfonctionnements et des réorganisations des réseaux sociotechniques soumis à des contraintes extérieures. Cette prise en compte de la temporalité des impacts d'une catastrophe dans les études systémiques peut contribuer à l'amélioration des connaissances sur la résilience des systèmes urbains. Elle permettrait une meilleure prise en compte des impacts et des réorganisations sur le long terme des systèmes, en particulier lors de la phase de recouvrement, qui reste moins bien considérée, à la fois dans les travaux académiques et dans les planifications de la gestion de crise.

La méthode a ainsi une capacité à faire comprendre des éléments sur les catastrophes naturelles en prenant en compte la continuité de la gestion des risques, de l'amont à l'aval de l'aléa.

¹⁰⁴ Voir la Figure 27, p. 141. A titre d'exemple citons Bruno Barroca, Hélène Beraud, Mickaël Gonzva, Serge Lhomme, Damien Serre, Marie Toubin, Marc Vuillet...

Annexes

Annexe 1 : Tableaux AREF de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya – déchets produits par la catastrophe.....	334
Annexe 2 : Tableaux AREF de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya – déchets de la gestion de crise et de la continuité d’activité.....	340
Annexe 3 : Quantification des déchets post-tempête Alex.....	346
Annexe 4 : Liste des documents de planification inventoriés.....	350

Annexe 1 : Tableaux AREF de la gestion des déchets
dans la vallée de la Roya – déchets produits par la
catastrophe

Sous-système	Analyse filière				Analyse fonctionnelle			Analyse des réorganisations et de leurs effets		
	Id	Composant	Déchets	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Fonctions principales	Fonctions secondaires	Réorganisations	Causes	Effets
Pilotage	P1	Autorité organisatrice : CARF	DMA	Fonctionnel / Urgence / Relèvement / Recouvrement	Intercommunale	Organiser la gestion des DMA sur le territoire	S'adapter à l'évolution de la qualité et de la quantité des déchets	Adapter les collectes ; collecte un flux ; Nouveaux prestataires	Surproduction de déchets, déplacement de personnes, zones inaccessibles	Collecte des DPC; accès à toutes les zones ; plus de tri
	P2	Autorités organisatrices : Eco-organismes	Multiple	Fonctionnel	Régionale	Organiser la gestion de certains flux de déchets à l'échelle régionale Faire respecter les réglementations déchets (transport de matière, infrastructures de stockage et de traitement)	S'adapter à l'évolution de la qualité et de la quantité des déchets	Arrêt de leur activité sur le territoire	Pas de tri	DEEE incinérés
	P3	Autorité régulatrice : DREAL	Tout flux	Fonctionnel	Régionale	Réaliser le suivi des installations classées	Planifier la gestion des déchets à l'échelle régionale	Arrêt de leur activité sur le territoire	Besoin de souplesse	Accélération de la gestion des déchets, baisses des normes environnementales
	P4	Autorité planificatrice : Région PACA	Tout flux	Fonctionnel	Régionale	Organiser la reconstruction des routes / Participer à la mise en surêté des populations	Planifier la gestion des déchets de situation exceptionnelle	Arrêt de leur activité sur le territoire	La gestion ne respecte plus la planification	/
	P5	Autorité organisatrice : Département 06	BTP, autres	Urgence / Relèvement / Recouvrement	Département	Organiser la reconstruction des routes / Participer à la mise en surêté des populations	Organiser la gestion des déchets du BTP	Utilisation des déchets in-situ ; nettoyage de la rivière	Grande quantité de déchets inertes à utiliser / Difficulté pour faire venir des matériaux ; Déchets dans la rivière	Réutilisation des déchets inertes ; moins de déchets dans la rivière

Sous-système	Analyse filière			Analyse fonctionnelle			Analyse des réorganisations et de leurs effets			
	Id	Composant	Déchets	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Fonctions principales	Fonctions secondaires	Réorganisations	Causes	Effets
Pilotage	P6	Autorité organisatrice : Mairie de Breil	Tout flux	Relèvement	Communale	Assurer la salubrité de la commune / Assurer la gestion de crise	Gérer les espaces partagés pour la gestion de crise	Mise à disposition d'espaces	Besoin d'espace	Zone logistique
Production et pré-tri	PPT1	Ménages et assimilés	DMA	Fonctionnel / Urgence / Relèvement / Recouvrement	Communale	Déposer et trier à la source les déchets produits dans les points de pré-collecte	Diminuer leurs déchets	Nettoyage, plus de tri	Surproduction de déchets	Plus de tri
	PPT2	Acteurs économiques	DMA	Fonctionnel / Urgence / Relèvement / Recouvrement	Intercommunale	Déposer et trier à la source les déchets produits dans les points de pré-collecte	Diminuer leurs déchets	Nettoyage, plus de tri	Surproduction de déchets	Plus de tri
	PPT3	Acteurs du BTP	BTP, autres	Fonctionnel / Urgence / Relèvement / Recouvrement	Intercommunale	Déposer et trier à la source les déchets produits dans les points de pré-collecte	Réutiliser les déchets ; Diminuer les déchets	Utilisation des déchets in-situ ; nettoyage de la rivière	Grande quantité de déchets inertes à utiliser / Difficulté pour faire venir des matériaux ; Déchets dans la rivière	Réutilisation des déchets inertes ; moins de déchets dans la rivière

Sous-système	Analyse filière				Analyse fonctionnelle			Analyse des réorganisations et de leurs effets		
	Id	Composant	Déchets	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Fonctions principales	Fonctions secondaires	Réorganisations	Causes	Effets
Pré-collecte et Collecte	C1	Agent de précollecte : Véolia (borne d'apport volontaire)	DMA	Fonctionnel	Communale	Stocker temporairement et permettre un pré-tri des déchets		Plus de bornes	Détruites par la tempête ou inaccessibles aux camions de collecte	Plus de collecte "normale" des DMA
	C2	Agent de collecte : Suez (déchetterie)	DMA	Fonctionnel / Recouvrement	Communale	Réceptionner et stocker les déchets	Permettre un pré-tri des déchets	Arrêt temporaire de leur utilisation ; Ouverture le dimanche	Inaccessibles / dégâts mineurs ; Nettoyage, chantiers solidaires	Impossible de l'utiliser pour la gestion des DPC ; Meilleure coordination avec le service de gestion des DMA
	C3	Agent de collecte : Centre VHU	VHU	Fonctionnel / Relèvement / Recouvrement	Département	Réceptionner et stocker les VHU	Démenteler les VHU	Augmentation de l'activité	Surproduction de VHU	/
	C4	Agent de collecte : Veolia	DMA	Fonctionnel / Relèvement / Recouvrement	Intercommunale	Collecter les déchets regroupés et les acheminer au point de gestion suivant	S'adapter à l'évolution de la qualité et de la quantité des déchets	Adaptation des collectes ; collecte 1 flux ; mobilisations de moyens humains et techniques supplémentaires	Surproduction de déchets, déplacement de personnes, zones inaccessibles	Collecte des DPC; accès à toutes les zones ; plus de tri
	C5	Agent de collecte : Entreprises déchets BTP	BTP, autres	Fonctionnel / Relèvement / Recouvrement	Régionale	Collecter les déchets du BTP	Traiter les déchets du BTP	Collecte des déchets de la rivière en plus de ceux du BTP	Nettoyage de la rivière par les entreprises du BTP	Traitement des DPC
	C6	Agent de stockage : Suez (quai de transit)	Multiple	Fonctionnel	Département	Réceptionner et stocker les déchets pour permettre leur massification	S'adapter à l'évolution de la qualité et de la quantité des déchets	Pas utilisé pour les DPC	Trop de déchets	Envoi direct dans les installations de traitement (principalement incinérateurs)

Sous-système	Analyse filière				Analyse fonctionnelle			Analyse des réorganisations et de leurs effets		
	Id	Composant	Déchets	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Fonctions principales	Fonctions secondaires	Réorganisations	Causes	Effets
Pré-collecte et Collecte	C7	Agents de nettoyage : Armée / Force O6	Tout flux	Urgence / Relèvement	Nationale / Département	Nettoyer le territoire impacté par la catastrophe	S'adapter aux impacts de la catastrophe	Participation au nettoyage du territoire ; 1 flux	Surproduction, éparpillement des déchets	Nettoyage, pas de tri
	C8	Agents de nettoyage : Syndicat de rivière / Associations / ONF / Entreprises du BTP	Tout flux	Urgence / Relèvement / Recouvrement	Département	Nettoyer le territoire impacté par la catastrophe	Etre en contact avec les autorités pour la gestion des déchets	Organisation de nettoyages dans les zones difficiles d'accès	Eparpillement des déchets	Nettoyage des espaces difficiles d'accès ; pas de tri
	C9	Agents de nettoyage : Société civile / Associations	Tout flux	Relèvement / Recouvrement	Intercommunale	Nettoyer le territoire impacté par la catastrophe	Etre en contact avec les autorités pour la gestion des déchets	Nettoyage des habitations	Surproduction de déchets	Nettoyage, pas de tri
Traitement	C10	Agent de collecte : Hélicoptères	VHU	Relèvement / Recouvrement	/	Collecter les déchets inaccessibles par la route		Mission de transport des VHU dans la rivière	Impossibilité de les extraire autrement	Collecte des VHU
	C11	Agent de stockage temporaire : Mairie de Breil-sur-Roya (Drop Zone)	Tout flux	Relèvement	Communale	Servir de plateforme logistique pour la gestion de crise	Réceptionner et stocker les déchets post-catastrophe	Mise en place de zones dédiées aux déchets	Besoin de place pour le stockage	ZST
SST		Tout le sous-système	Tout flux	Fonctionnel / Relèvement / Recouvrement	Département	Traiter les déchets en respectant la hiérarchie de traitement et les normes	S'adapter à l'évolution de la quantité et à la qualité des déchets	Plus d'incinération	Déchets non triés	Moins de recyclage

Annexe 2 : Tableaux AREF de la gestion des déchets
dans la vallée de la Roya – déchets de la gestion de crise
et de la continuité d'activité

Sous-système	Analyse filière			Analyse fonctionnelle			Analyse des réorganisations et de leurs effets				
	Id	Composant	Déchets	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Fonctions principales	Fonctions secondaires	Réorganisations	Causes	Effets	
Pilotage	P1	Autorité organisatrice : CARF	DMA	Fonctionnel / Urgence / Relèvement / Recouvrement	Intercommunale	Organiser la gestion des DMA sur le territoire	S'adapter à l'évolution de la qualité et de la quantité des déchets	Adapter les collectes ; collecter un flux	Déplacement de personnes, zones inaccessibles	Accès à toutes les zones ; plus de tri ; collecte par train et hélicoptère	
	P2	Autorités organisatrices : Eco-organismes	Multiple	Fonctionnel	Régionale	Organiser la gestion de certains flux de déchets à l'échelle régionale Faire respecter les réglementations déchets (transport de matière, infrastructures de stockage et de traitement)	S'adapter à l'évolution de la qualité et de la quantité des déchets	Arrêt de leur activité sur le territoire	Arrêt de la production d'encombrants non produits par la tempête	/	
	P3	Autorité régulatrice : DREAL	Tout flux	Fonctionnel	Régionale	Réaliser le suivi des installations classées		Arrêt de leur activité sur le territoire	Besoin de souplesse	Accélération de la gestion des déchets, baisses des normes environnementales	
	P4	Autorité planificatrice : Région PACA	Tout flux	Fonctionnel	Régionale	Planifier la gestion des déchets à l'échelle régionale	Planifier la gestion des déchets de situation exceptionnelle		Arrêt de leur activité sur le territoire	La gestion ne respecte plus la planification	/
	P'7	Autorité organisatrice : ARS	DASRI	Fonctionnel / Relèvement / Recouvrement	Régionale	Organiser la gestion des DASRI à l'échelle régionale	S'adapter à l'évolution de la qualité et de la quantité des déchets	Recherche d'un nouveau prestataire de collecte	Plus d'accès par la route	Fret SNCF collecte les DASRI de l'hôpital de Tende	

		Analyse filière				Analyse fonctionnelle			Analyse des réorganisations et de leurs effets		
Sous-système	Id	Composant	Déchets	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Fonctions principales	Fonctions secondaires	Réorganisations	Causes	Effets	
Pilotage	P6	Autorité organisatrice : Mairie de Breil	DMA	Relèvement	Communale	Assurer la salubrité de la commune / Assurer la gestion de crise	Gérer les espaces partagés pour la gestion de crise	Mise à disposition d'espaces	Besoin d'espace	Zone logistique	
	P'8	Autorité organisatrice : Mairies	DMA	Relèvement	Communale	Assurer la salubrité de la commune / Assurer la gestion de crise	Gérer les espaces partagés pour la gestion de crise	Ouverture des ZST	Besoin de ZST	ZST pas aux normes par manque de connaissance	
Production et pré-tri	PPT1	Ménages et assimilés	DMA	Fonctionnel / Urgence / Relèvement / Recouvrement	Communale	Déposer et trier à la source les déchets produits dans les points de pré-collecte	Diminuer leurs déchets	Plus de tri ; arrêt de la production d'encombrants	ZST pas adaptées ; pas de possibilité d'utiliser les déchetteries	Plus de tri	
	PPT2	Acteurs économiques	DMA	Fonctionnel / Urgence / Relèvement / Recouvrement	Intercommunale	Déposer et trier à la source les déchets produits dans les points de pré-collecte	Diminuer leurs déchets	Plus d'activités économiques	Dégâts de la tempête sur le territoire	Plus de production de DMA	
	PPT'4	Hôpital de Tende	DASRI	Fonctionnel / Urgence / Relèvement / Recouvrement	Communale	Conditionner les DD pour les donner au prestataire de collecte habilité	Diminuer les déchets	Donne les déchets à un agent de collecte non habilité	Pas d'accès camions	Traitement possible des déchets ; augmentation des risques sanitaires pendant le transport	

Sous-système	Analyse filière				Analyse fonctionnelle			Analyse des réorganisations et de leurs effets		
	Id	Composant	Déchets	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Fonctions principales	Fonctions secondaires	Réorganisations	Causes	Effets
Pré-collecte et Collecte	C1	Agent de précollecte : Véolia (borne d'apport volontaire)	DMA	Fonctionnel	Communale	Stocker temporairement et permettre un pré-tri des déchets		Plus de bornes	Détruites par la tempête ou inaccessibles aux camions de collecte	Plus de collecte "normale" des DMA
	C2	Agent de collecte : Suez (déchetterie)	DMA	Fonctionnel / Recouvrement	Communale	Réceptionner et stocker les déchets	Permettre un pré-tri des déchets	Arrêt temporaire de leur utilisation	Inaccessibles / dégâts mineurs	Arrêt temporaire de la production d'encombrants non produits par la tempête
	C4	Agent de collecte : Veolia	DMA	Fonctionnel / Relèvement / Recouvrement	Intercommunale	Collecter les déchets regroupés et les acheminer au point de gestion suivant	S'adapter à l'évolution de la qualité et de la quantité des déchets	Adaptation des collectes ; collecte 1 flux ; mobilisations de moyens humains et techniques supplémentaires	Surproduction de déchets, déplacement de personnes, zones inaccessibles	Collecte des DPC; accès à toutes les zones ; plus de tri
	C'12	Agent de collecte : Veolia (pour DASRI)	DASRI	Fonctionnel / Relèvement / Recouvrement	Communale	Collecter les DASRI regroupés et les acheminer au point de gestion suivant	S'adapter à l'évolution de la qualité et de la quantité des déchets	Récupération des DASRI après transport par Fret SNCF	Plus d'accès par la route	Traitement possible des déchets ; augmentation des risques sanitaires pendant le transport
	C6	Agent de stockage : Suez (quai de transit)	Multiple	Fonctionnel	Département	Réceptionner et stocker les déchets pour permettre leur massification	S'adapter à l'évolution de la qualité et de la quantité des déchets	Pas utilisé pour les DPC	Trop de déchets	Envoi direct dans les installations de traitement (principalement incinérateurs)
	C10	Agent de collecte : Hélicoptères	DMA	Relèvement / Recouvrement	/	Collecter les déchets inaccessibles par la route		Mission de transport des déchets de Tende dans la rivière	Pas d'accès par le sol, volonté de la mairie de retirer les déchets	Collecte des déchets, besoin de construire des supports à big bags

Sous-système	Analyse filière				Analyse fonctionnelle			Analyse des réorganisations et de leurs effets		
	Id	Composant	Déchets	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Fonctions principales	Fonctions secondaires	Réorganisations	Causes	Effets
Pré-collecte et Collecte	C11	Agent de stockage temporaire : Mairie de Breil (<i>Drop Zone</i>)	DMA / DASRI	Relèvement	Communale	Servir de plateforme logistique pour la gestion de crise	Réceptionner et stocker les déchets post-catastrophe	Mise en place de zones dédiées aux déchets	Besoin de place pour les AR des camions de collecte	Zones d'échange des déchets entre train et camions
	C'13	Agents de pré-collecte : habitant.es	DMA	Relèvement 1	Communale	Apporter les déchets aux points de collecte / stockage		Participation à la collecte ; pas de tri	ZST pas adaptées pour le tri	Collecte des déchets dans tri
	C'14	Agent de collecte : services techniques des mairies	DMA	Relèvement 1	Communale	Collecter les déchets pour les apporter en ZST		Participation à la collecte ; pas de tri	ZST pas adaptées pour le tri	Collecte des déchets dans tri
Traitement	C'15	Agents de stockage temporaire : ZST	DMA	Relèvement	Communale	Stocker temporairement les déchets de la catastrophe	Permettre un pré-tri des déchets	Mise en place de ZST par les mairies dans des endroits par toujours adaptés à la collecte, pas de respect des normes / recommandations pour les ZST	Besoin de ZST ; difficultés à trouver de la place ; non connaissances des normes	Collecte des déchets ; pas de tri ; difficultés d'accès pour les camions ; risques sanitaires et environnementaux
	C'16	Agent de collecte : Fret SNCF	DMA / DASRI	Relèvement 1	Intercommunale	Servir de "ligne de vie" pour les vallées sinistrées	Redescendre les déchets des territoires inaccessibles par la route	Collecte des DASRI ; collecte des DMA	Territoires inaccessibles par la route	Collecte des déchets possibles ; risques sanitaires
	SST	<i>Tout le sous-système</i>	Tout flux	Fonctionnel / Relèvement / Recouvrement	Départementale	Traiter les déchets en respectant la hiérarchie de traitement et les normes	S'adapter à l'évolution de la quantité et à la qualité des déchets	Plus d'incinération	Déchets non triés	Moins de recyclage

Annexe 3 : Quantification des déchets post-tempête
Alex

DECHETS MENAGERS ET ASSIMILEES

Les quantités de DMA ont été calculées à partir des données de la CARF :

- *CARF, Rapport annuel 2019 sur le prix et la qualité du service public d'élimination des déchets* pour les DMA avant la tempête. Les quantités données dans le rapport sont les quantités pour tout le territoire de la CARF, les quantités pour la seule vallée de la Roya ont été estimées proportionnellement au nombre d'habitant-es.
- *CARF, présentation « Vallée de la Roya, Gestion des déchets ménagers à la suite du passage de la tempête Alex », Commission Reconstruction de la Vallée de la Roya, 14 janvier 2022*

Tableau 50 : Quantité de déchets traités par la CARF (dont déchetteries)

Quantité en tonnes	Post-Alex (t)	Totale CARF 2019	Totale vallée de la Roya 2019 ³	Comparaison Alex / total CARF 2019	Comparaison Alex / totale vallée de la Roya 2019
Ordures ménagères et assimilés	280 ¹	34 662 ² + 2641 t (Emr) + 2214 t (verre)	1341,75	0,81%	20,87%
Encombrants	540	5 598	437,18	9,65%	123,52%
Gravats	80	12 442	971,67	0,64%	8,23%
Bois	155	2 697	210,62	5,75%	73,59%
Textiles	20	141	11,01	14,18%	181,63%
Total	1 075	55 540	2 972,24	1,94%	36,17%

¹1400 bigs bags à Tende et la Brigue. 1 m³/big bag. Densité : 200 kg/m³

²Quantité pour les OMR (Ordures Ménagères Résiduelles)

³Calculée en fonction du nombre d'habitants dans les communes impactées. *Ex : quantité totale d'encombrants x nombre d'habitant-es dans les 5 communes impactées / nombre total d'habitant-es de la CARF*

DECHETS DU BTP

Les quantités de déchets du bâtiment ont été calculées à partir des données suivantes :

- Source du nombre de bâtiments détruits : (DDTM 06, 2021) ;
- Source longueur de route détruite : (Préfecture des Alpes Maritimes, 2021) ;
- Les estimations de la dimension des routes (largeur, hauteur enrobée et grave non traité, volume de remblai) ont été données par un ingénieur d'étude en transport ;

- La densité des matériaux a été estimée avec une moyenne sur différents sites vendant du remblai ;
- Les ratios de déchets des maisons détruites ont été pris sur le document : Optigede-ADEME, *Estimation de la production de déchets de bâtiment*.

Tableau 51 : Estimation des quantités de déchets inertes issus de la destruction des routes.

*Données : estimations ingénieur d'étude transport. **Densité : estimation site de vente de remblai.

	Roya	MNCA
<i>Longueur de route détruite (m)</i>	35 000	50 000
<i>Largeur route* (m)</i>	6,5	6,5
<i>Hauteur enrobée* (m)</i>	0,13	0,13
<i>Hauteur Grave non traité* (m)</i>	0,4	0,4
<i>Volume remblai* (m³/m)</i>	120	120
Déchets enrobée (m³)	29 575	42 250
Déchets grave non traité (m³)	91 000	130 000
Déchets remblai (m³)	4 200 000	6 000 000
Total (m³)	4 320 575	6 172 250
<i>Densité** (t/m³)</i>	1,6	1,6
Total (tonnes)	6 912 920	9 875 600

Tableau 52 : estimations des quantités de déchets produits par la destruction des habitations.

*Source : Optigede-ADEME, Estimation de la production de déchets de bâtiment.

	Roya	MNCA
<i>Nombres de maisons détruites</i>	65	116
<i>Ratio Déchets inertes* (t/maison)</i>	5212	5212
<i>Ratio DND* (t/maison)</i>	373	373
<i>Ratio DD* (t/maison)</i>	89	89
Déchets inertes (t)	338 780	604 592
DND (t)	24 245	43 268
DD (t)	5 785	10 324
Totale (t)	368 810	658 184

Annexe 4 : Liste des documents de planification
inventoriés

Tableau 53 : Documents de planification considérés pour l'analyse horizontale

Référence	Nom	Pays / zone géographique	Langue	Nombre de pages
(Ayuda Legal Chile, 2017)	Residuos sólidos en situaciones de desastre situación comparada	Chili	Espagnol	30
(Bay of Plenty Regional Council, 2018a, 2018b)	Disaster Waste Management Plan template: Planning tool and Workbook	Nouvelle-Zélande	Anglais	68 + 52
(CEREMA, 2019)	Prévention et gestion des déchets issus de catastrophes naturelles : de l'anticipation à la gestion	France	Français	114
(de Salud and Departamento de Emergencias Nacionales en Salud de Honduras, 2010)	Manejo De Desechos Sólidos En Situaciones De Emergencia Y Desastres	Honduras	Espagnol	16
(EPA, 2019)	Planning for natural disaster debris	Etats-Unis	Anglais	150
(FEMA, 2007)	Public Assistance Debris Management Guide	Etats-Unis	Anglais	260
(Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, 2008)	Post-disaster ruins cleaning and waste management guidelines (for trial implementation)	Chine	Chinois <i>(traduit en anglais sur Google Trad pour lecture)</i>	20
(Ministry of the Environment of Japan, 2018a)	Disaster Waste Management Guideline for Asia and the Pacific	Asie et Pacifique	Anglais	26
(Ministry of the Environment of Japan, 2018b)	Disaster waste countermeasure guidelines, volume 1 and 2	Japon	Japonais <i>(traduit en anglais sur Google Trad pour lecture)</i>	84
(Ministry of the Environment of the Republic of Korea, 2017)	Disaster waste safety management guidelines	Corée du Sud	Coréen <i>(Non traduit, non étudié car trouvé tardivement)</i>	41
(OPS., 2003)	Gestión de residuos sólidos en situaciones de desastre	Amérique latine et Caraïbes	Espagnol	101
(SPREP, 2020a, 2020b, 2020c)	FACTSHEET : national disaster waste management plans : benefits of having disaster waste management plans and planning to pacific Asbestos Contaminated Materials Guide for Disaster Debris Removal FACTSHEET - Managing Disaster Waste: A Guide for Communities	Iles du Pacifique	Anglais	4 + 20 + 4
(UNOCHA, 2011)	Disaster Waste Management Guidelines	Toutes régions	Anglais	48

Tableau 54 : Plans japonais de gestions des déchets post-catastrophe étudiés

Référence	Documents	Niveau
(Ministry of the Environment of Japan, 2018a)	Disaster waste countermeasure guidelines, volume 1 and 2	National
(Kumamoto Prefecture, 2017, 2016)	Kumamoto Prefecture Disaster Waste Disposal Plan Kumamoto Earthquake: Disaster waste disposal implementation plan	Locale (préfecture)
(Hitoyoshi City, 2019; Kikuchi City, 2011; Kumamoto City Environment Bureau, 2019)	Hitoyoshi City Disaster Waste Disposal Plan Kikuchi City Disaster Disposal Plan Kumamoto City Disaster Waste Treatment Plan	Municipale

Les documents japonais ont été identifiés avec l'aide d'Haruna Masuda (Laboratoire Asari, université de Kyoto) puis traduits sur Google traduction (japonais vers anglais). La traduction, quoique parfois approximative et incomplète, a permis une étude relativement exhaustive des documents.

Tableau 55 : Plan états-uniens de gestion des déchets post-catastrophe étudiés

Référence	Documents	Niveau
(EPA, 2019) (FEMA, 2007)	Planning for natural disaster debris Public Assistance Debris Management Guide	National
(LEQD, 2020) (NOAA, 2020) (FEMA, 2005)	Comprehensive Plan for Disaster Clean-up and Debris Management Louisiana Marine Debris Emergency Response Guide: Comprehensive Guidance Document Debris Management Plan Hurricane Katrina Louisiana	Régional (Etat)
(Ascension Parish OHSEP, 2008; Iberia Parish OHSEP, 2018)	Ascension Parish Debris Management Plan Iberia Parish All-Hazard Emergency Operations Plan	Local (paroisse)

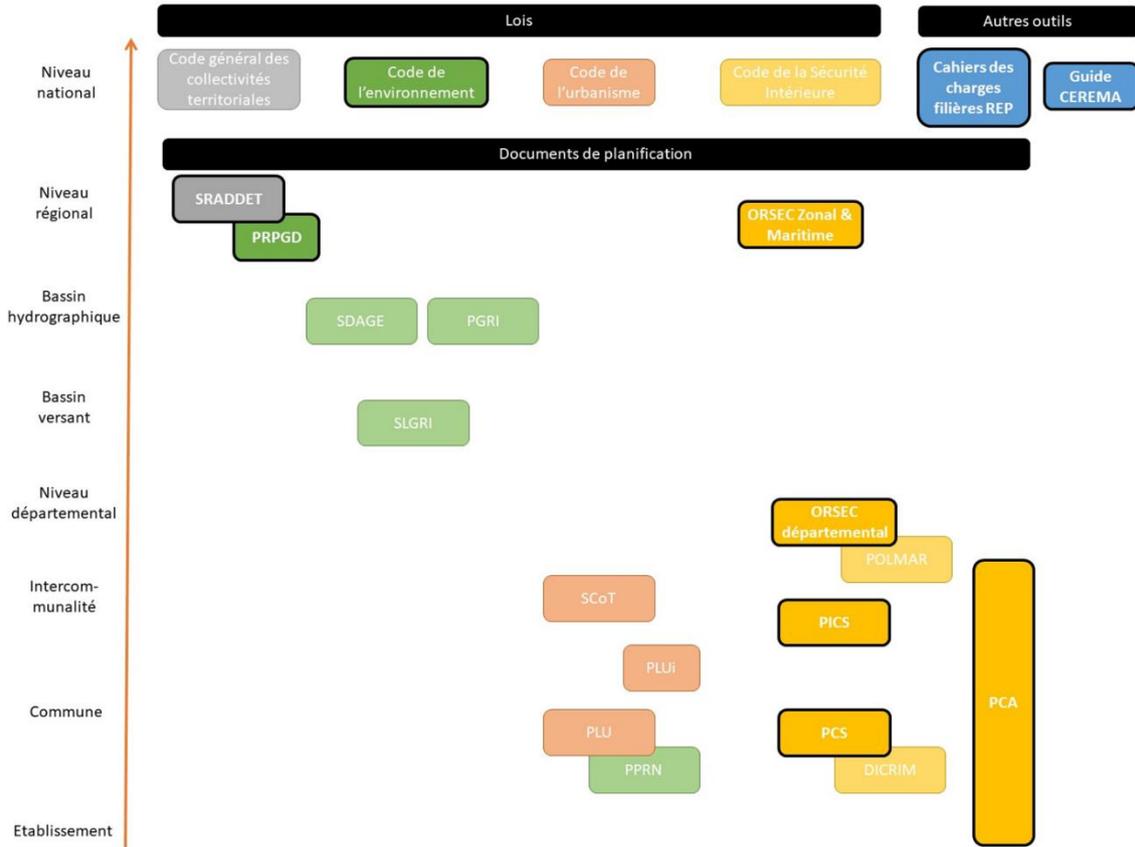


Figure 73 : Cartographie des documents de planification français déjà existants pouvant intégrer des éléments sur les déchets post-catastrophe. Les éléments en gras inclus déjà (de manière non systématique) des éléments.

Bibliographie

- ADEME, 2013. Intégration des déchets en situations exceptionnelles dans les Plans de prévention et de gestion des déchets non dangereux et dangereux.
- Adler, E., 2006. Vade-Mecum du porteur de projet de méthanisation des déchets des collectivités par la groupe de travail "Gestion biologique des déchets" de l'Astee. TSM 21, 17–75.
- Allaire, D., 2013. Développement d'une approche systémique de la gestion patrimoniale d'un parc immobilier d'envergure nationale pour améliorer sa performance énergétique : une application menée sur le parc immobilier de l'État utilisé par le ministère de la défense.
- Amato, A., Gabrielli, F., Spinozzi, F., Magi Galluzzi, L., Balducci, S., Beolchini, F., 2020. Disaster waste management after flood events. *J. Flood Risk Manag.* 13, 1–9.
<https://doi.org/10.1111/jfr3.12566>
- Amato, A., Gabrielli, F., Spinozzi, F., Magi Galluzzi, L., Balducci, S., Beolchini, F., 2019. Strategies of disaster waste management after an earthquake: A sustainability assessment. *Resour. Conserv. Recycl.* 146, 590–597.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.033>
- Aoki, N., 2018. Who Would Be Willing to Accept Disaster Debris in Their Backyard? Investigating the Determinants of Public Attitudes in Post-Fukushima Japan. *Risk Anal.* 38, 535–547. <https://doi.org/10.1111/risa.12858>
- Ascension Parish OHSEP, 2008. Ascension Parish Debris Management Plan 1–13.
- Assogba, G., 2018. Les dynamiques industrielles des filières : une application au domaine des oléo-protéagineux.
- Aujollet, Y., Douard, P., Girardot, P.-E., Legait, B., 2020. Les filières de recyclage de déchets en France métropolitaine, Ministère de la transition écologique et solidaire.
- Ayuda Legal Chile, 2017. RESIDUOS SÓLIDOS EN SITUACIONES DE DESASTRE SITUACIÓN COMPARADA.
- Bahers, J., 2014. Métabolisme territorial et filières de récupération-recyclage : le cas des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) en Midi- 5, 0–15.
- Bahers, J.B., 2015. Ecologie territoriale et systèmes d'acteurs des filière de déchets électroniques, in: *Gestion Des Déchets : Innovations Sociales et Territoriales*. Presses Universitaires de Rennes.
- Barles, S., 2015. L'urbanisme , le génie urbain et l'environnement : une lecture par la technique 1–10.
- Barles, S., 2005. L'invention des déchets urbains, France, 1790-1970. *Champ vallon*.
- Barroca, B., Serre, D., 2013. Behind The Barriers : A Conceptual Model. *S.a.P.I.En.S* 6, 1–13.

- Barroca, B., Serre, D., Diab, Y., 2012. Le concept de résilience à l'épreuve du génie urbain. *Vertig* 12. <https://doi.org/10.4000/vertigo.12469>
- Bay of Plenty Regional Council, 2018a. Disaster Waste Management Plan template - Planning Tool.
- Bay of Plenty Regional Council, 2018b. Disaster Waste Management Plan template - Workbook.
- Baycan, F., 2004. Emergency Planning for Disaster Waste. *Int. Conf. Student Compet. post-disaster Reconstr.* "Planning Reconstr. 90.
- Beaujour, A., Kouriat, M., Marchesini, G., Wang, Y., 2018. La gestion des déchets post-crue à Gournau-sur-Marne. *Crue de janvier 2018*.
- Beraud, H., 2013. Initier la résilience du service de gestion des déchets aux catastrophes naturelles - Le cas des territoires urbains et de l'inondation.
- Beraud, H., Barroca, B., Hubert, G., 2013. Assessing the resilience of urban technical networks: from theory to application to waste management, in: *Resilience and Urban Risk Management*. pp. 101–107.
- Beraud, H., Barroca, B., Hubert, G., 2012a. Functional analysis, a resilience improvement tool applied to a waste management system-application to the "household waste management chain." *uNatural Hazards Earth Syst. Sci.* 12, 3671–3682. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-3671-2012>
- Beraud, H., Durand, M., Oates, R., Gbedande, F., 2023. Waste Management during the COVID crisis : Environmental objectives versus public hygiene concerns, in: *Opening the Bin 3*.
- Beraud, H., Jadot, J., Barroca, B., Hubert, G., Bauduceau, N., 2012b. Mécadépi. Méthode d'Evaluation et CAractérisation des DEchets Post Inondation. Rapport final: 133.
- Beraud, H., Nithart, C., Durand, M., 2019a. Le difficile suivi des déchets post-catastrophe : le cas de l'Ouragan Irma à Saint-Martin. *Risques urbains 3*. <https://doi.org/10.21494/iste.op.2019.0329>
- Beraud, H., Nithart, C., Durand, M., Marne-la-vallée, U.P., Bois, R., 2019b. Le difficile suivi des déchets post-catastrophe : le cas de l' Ouragan Irma à Saint -Martin The difficult disaster waste management : case of Irma hurricane in Saint.
- Berктаş, N., Kara, B.Y., Karaşan, O.E., 2016. Solution methodologies for debris removal in disaster response. *EURO J. Comput. Optim.* 4, 403–445. <https://doi.org/10.1007/s13675-016-0063-1>
- Bertolini, G., 1992. Les déchets : rebuts ou ressources ? *Econ. Stat.* 258, 129–134. <https://doi.org/10.3406/estat.1992.6564>
- Bidet-Mayer, T., Toubal, L., 2013. À quoi servent les filières ?, Presses de. ed.
- Biénabe, E., Caron, P., Loeillet, D., Rival, A., 2016. Introduction, in: *Développement Durable et Filières Tropicales*.
- Blot, D., 2015. A qui sont ces déchets ? Oppositions sociales et conflits de territoire dans le

- traitement des déchets sauvages, in: *Gestion Des Déchets : Innovations Sociales et Territoriales*. Presses Universitaires de Rennes.
- Bocquentin, M., 2020. Etude et modélisation des phénomènes d’(inter)dépendances et de défaillances en cascade au sein des réseaux techniques urbains : vers une aide à la décision pour une application à l’ agglomération parisienne face à une crue majeure.
- Bocquentin, M., Vuillet, M., Lhomme, S., Cariolet, J.-M., Diab, Y., 2018. AMDE et REX : Développement d’ un premier formalisme pour améliorer l’étude empirique des (inter)dépendances et des défaillances en cascade entre les infrastructures et réseaux techniques urbains.
- Bosher, L., Chmutina, K., van Niekerk, D., 2021. Stop going around in circles: towards a reconceptualisation of disaster risk management phases. *Disaster Prev. Manag. An Int. J.* 30, 525–537. <https://doi.org/10.1108/DPM-03-2021-0071>
- Bourg, D., Buclet, N., Gilotte, L., 2003. Impact du risque technologique sur la stabilité institutionnelle d’un système organisationnel : le rôle de l’incinération dans la gestion des déchets mén.
- Brown, C., 2012a. Disaster waste management: A systems approach.
- Brown, C., 2012b. Disaster waste management: New Zealand experiences and future planning. Rep. Univ. Canterbury.
- Brown, C., Hayes, J.L., Milke, M.W., 2021. Planning to adapt: identifying key decision drivers in disaster response planning. *Civ. Eng. Environ. Syst.* 38, 20–35. <https://doi.org/10.1080/10286608.2021.1887155>
- Brown, C., Milke, M., 2016. Recycling disaster waste: Feasibility, method and effectiveness. *Resour. Conserv. Recycl.* 106, 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.021>
- Brown, C., Milke, M., 2009. Planning for disaster debris management, in: *Christchurch, New Zealand: WasteMINZ 21st Annual Conference, 14-16 Oct 2009*. pp. 1689–1699.
- Brown, C., Milke, M., Seville, E., 2011. Disaster waste management: A review article. *Waste Manag.* <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.027>
- Brown, Charlotte, Milke, M., Seville, E., 2010. Waste Management as a “Lifeline”? A New Zealand Case Study Analysis. *Int. J. Disaster Resil. Built Environ.* 1, 192–206. <https://doi.org/10.1108/17595901011056640>
- Brown, C, Milke, M., Seville, E., Giovinazzi, S., 2010. Disaster waste management on the road to recovery: L’Aquila earthquake case study. *Proceedings in 14th European Conference on Earthquake Engineering, 30 August -3 September, 2010*. 14ème ECEE 2010 1086–1093.
- Caillaud, K., Nessi, H., Rulleau, B., 2022. Éditorial – Les services urbains en réseaux au prisme des interdépendances : portées et limites d’une notion de sciences sociales. *Flux* N° 128, 1–14. <https://doi.org/10.3917/flux1.128.0001>
- CEPRI, 2012. Les collectivités territoriales face aux déchets des inondations : des pistes de solutions.

- CEREMA, 2019. Prévention et gestion des déchets issus de catastrophes naturelles : de l'anticipation à la gestion, Techniques Sciences Méthodes.
<https://doi.org/10.1051/tsm/201409069>
- CEREMA, 2014. Prévention et gestion des déchets issus de catastrophes naturelles : de l'anticipation à la gestion, Techniques Sciences Méthodes.
<https://doi.org/10.1051/tsm/201409069>
- CGEDD, 2021. Retour d'expérience des intempéries des 2 et 3 octobre 2020 dans les Alpes-Maritimes : Enseignements de la crise et propositions pour une reconstruction résiliente.
- CGEDD, 2013. Vulnérabilité des réseaux d'infrastructures aux risques naturels 102.
- Chang, Y., Wilkinson, S., Brunson, D., Seville, E., Potangaroa, R., 2011. An integrated approach: Managing resources for post-disaster reconstruction. *Disasters* 35, 739–765.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2011.01240.x>
- Chaupré-Berki, C., 2021. Le royasque en France : un dialecte ligurien alpin ? Origines, classification, représentation et réalité socio-linguistique à la frontière franco-italienne.
- Cheng, C., Zhang, L., Thompson, R.G., 2018a. Reliability analysis for disaster waste management systems. *Waste Manag.* 78, 31–42.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.011>
- Cheng, C., Zhang, L., Thompson, R.G., 2018b. Disaster waste clean-up system performance subject to time-dependent disaster waste accumulation. *Nat. Hazards* 91, 717–734.
<https://doi.org/10.1007/s11069-017-3151-5>
- Cheng, C., Zhu, R., Costa, A.M., Thompson, R.G., 2021. Optimisation of waste clean-up after large-scale disasters. *Waste Manag.* 119, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.023>
- Chochois, H., 2022. Sciences en bulles : Réveil climatique.
- Cirelli, C., Maccaglia, F., Caillaud, K., Nessi, H., Rulleau, B., 2022. Les déchets, un secteur pour appréhender les asymétries et les relations de pouvoir inhérentes aux interdépendances ? *Flux* N° 128, 75–80. <https://doi.org/10.3917/flux1.128.0075>
- Coursaget, A., 2010. La sécurité des activités d'importance vitale : premier bilan du SGDSN.
<https://doi.org/10.3917/sestr.004.0005>
- Coutard, O., Rutherford, J., 2009. Les réseaux transformés par leurs marges: développement et ambivalence des techniques « décentralisées ». *Flux* 2, 6–13.
<https://doi.org/10.3917/flux.076.0006>
- Crowley, J., 2017. A measurement of the effectiveness and efficiency of pre-disaster debris management plans. *Waste Manag.* <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.02.004>
- Crowley, J., Flachsbarth, P., 2018. Local debris management planning and FEMA policies on disaster recovery in the United States. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 27, 373–379.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.10.024>
- Cyprien, M., Hastaran, M., Lemeut-Bastos, M., Lenoir, M., Shakrioussen, D., Thelliez, E.,

- Tournet, C., 2022. Diagnostic des initiatives de reconstruction par les parties civiles dans la Vallée de la Roya.
- Dauphiné, A., Provitolo, D., 2013. Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer. 2e édition. Armand Colin.
<https://doi.org/10.3917/ARCO.DAUPH.2013.01>
- DDTM 06, 2021. Journée technique Cerema : présentation de la cellule batimentaire de la tempête Alex.
- de Salud, S., Departamento de Emergencias Nacionales en Salud de Honduras, 2010. Manejo De Desechos Sólidos En Situaciones De Emergencia Y Desastres 16.
- Debout, L., 2012. “Réseau mou” et intégration urbain. Particularités du service de gestion des déchets ménagers. Flux 7–17. <https://doi.org/10.3917/flux.087.0007>
- Debout, L., Florin, B., 2011. Chiffonniers et entreprises privées internationales. Egypte. Monde. Arabe 31–57. <https://doi.org/10.4000/ema.3036>
- Dedieu, F., 2013. Une catastrophe ordinaire. La tempête du 27 décembre 1999. Association pour le développement de la sociologie du travail. <https://doi.org/10.4000/SDT.2053>
- Desvaux, P., 2020. Pour une approche qualitative du métabolisme urbain. L'exemple des voies métaboliques des déchets plastiques au Caire (Égypte). Flux 116–117, 147–160. <https://doi.org/10.3917/flux1.116.0147>
- DGPR, 2021. Guide relatif à la mobilisation du fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM).
- Dias, S.M., 2016. Waste pickers and cities. Environ. Urban. 28, 375–390.
<https://doi.org/10.1177/0956247816657302>
- Domingo, N., Luo, H., 2017. Canterbury earthquake construction and demolition waste management: issues and improvement suggestions. Int. J. Disaster Risk Reduct. 22, 130–138. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.03.003>
- Dovers, S., 1998. Community involvement in environmental management: Thoughts for emergency management. Aust. J. Emerg. Manag. 13, 6–11.
- Dupuy, G., 1984. Villes, systèmes et réseaux. Le rôle historique des techniques urbaines. Les Ann. la Rech. urbaine 23, 231–241. <https://doi.org/10.3406/aru.1984.1117>
- Durand, M., Popescu, R., D'Ercole, R., 2015. Les déchets post-catastrophe à Haïti : les jeux d'acteurs d'une gestion informelle. VertigO 1–17.
<https://doi.org/10.4000/vertigo.15970>
- Duteurtre, G., Sautier, D., Pannier, M., Nguyen, M.H., 2016. Les alliances entre acteurs des filières pour un développement durable des territoires au Vietnam, in: Développement Durable et Filières Tropicales.
- EPA, 2019. Planning for natural disaster debris.
- Esworthy, R., Schierow, L.J., Copeland, C., Luther, L., 2005. CRS Report for Congress Cleanup after Hurricane Katrina. Environ. Prot. 30. <https://doi.org/10.1109/IE.2016.19>

- Faleschini, F., Zanini, M.A., Hofer, L., Zampieri, P., Pellegrino, C., 2017. Sustainable management of demolition waste in post-quake recovery processes: The Italian experience. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 24, 172–182. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.06.015>
- Fauquant, J., Leroy, J., Denis, E., 1989. Sandouville. 10 ans déjà de traitement de déchets industriels. *TSM* 4, 159–165.
- FEMA, 2007. Public Assistance Debris Management Guide. <https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.1934.tb01895.x>
- FEMA, 2005. Debris Management Plan Hurricane Katrina Louisiana.
- Finucane, M.L., Acosta, J., Wicker, A., Whipkey, K., 2020. Short-term solutions to a long-term challenge: Rethinking disaster recovery planning to reduce vulnerabilities and inequities. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020482>
- Fouache, E., Marchiel, A., Rabaute, A., Desruelles, S., Gorini, C., Bianchi, N., Kerverdo, R., Lafuerza, S., 2023. Conséquences de la crue extrême du 2 octobre 2020 dans la vallée de la Roya (Alpes Maritimes) sur les réseaux de transport et de communication : leçons pour la reconstruction. *Flux* 2, 98–114. <https://doi.org/10.3917/flux1.132.0098>
- Gabrielli, F., Amato, A., Balducci, S., Magi Galluzzi, L., Beolchini, F., 2018. Disaster waste management in Italy: Analysis of recent case studies. *Waste Manag.* 71, 542–555. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.012>
- Garnett, E., Balayannis, A., Hinchliffe, S., Davies, T., Gladding, T., Nicholson, P., 2022. The work of waste during COVID-19: logics of public, environmental, and occupational health. *Crit. Public Health* 00, 1–11. <https://doi.org/10.1080/09581596.2022.2048632>
- Garrido, J., Leroy, J., 1986. Un nouveau mode d'exploitation des décharges. Le dépôt à haute densité ou compostage in situ. *TSM* 1, 31–35.
- Gazull, L., 2016. Les filières agricoles et forestières du Sud à l'heure des bioénergies, in: *Développement Durable et Filières Tropicales*.
- GEIDE, Robin des bois, 2017. Les déchets des inondations du 28 mai au 5 juin 2016 dans les bassins amont de la Seine et de la Loire Mai 47.
- Gereffi, G., Humphrey, J., Sturgeon, T., 2005. The governance of global value chains. *Rev. Int. Polit. Econ.* 12, 78–104. <https://doi.org/10.1080/09692290500049805>
- Gonzva, M., 2017. Résilience des systèmes de transport guidé en milieu urbain : approche quantitative des perturbations et stratégies de gestion.
- Groupe déchet post-catastrophe, 2008. Recommandations du groupe de travail Déchets post-catastrophe. <https://doi.org/10.3406/spgeo.1989.2886>
- Gueben-Venière, S., November, V., 2020. Crisis management as an evolutive and adaptable infrastructure 24.
- Gustin, P., 2017. Repenser les Iles du Nord pour une reconstruction durable. Délégation interministérielle à la reconstruction de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin.

- Gutberlet, J., Carenzo, S., 2020. Waste Pickers at the Heart of the Circular Economy: A Perspective of Inclusive Recycling from the Global South. *Worldw. Waste J. Interdiscip. Stud.* 3, 1–14. <https://doi.org/10.5334/wwwj.50>
- Hatcher, L.J., Strother, L., Burnside, R., Hughes, D., 2012. The USACE and Post-Katrina New Orleans: Demolitions and Disaster Clean-Up. *J. Appl. Soc. Sci.* 6, 176–190. <https://doi.org/10.1177/0162243912461825>
- Hayashi, H., Katsumi, T., 1996. Generation and management of disaster waste. *Soils Found.* 36, 349–358. https://doi.org/10.3208/sandf.36.special_349
- Hellot, Y., 1975. La lutte contre la pollution et le recyclage de l'eau dans la sidérurgie. *Houille Blanche* 371–377. <https://doi.org/10.1051/lhb/1975027>
- Henstra, D., 2010. Evaluating local government emergency management programs: What framework should public managers adopt? *Public Adm. Rev.* 70, 236–246. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2010.02130.x>
- Hitoyoshi City, 2019. Hitoyoshi City Disaster Waste Disposal Plan (in Japanese).
- Hugon, P., 1988. L'industrie agroalimentaire analyse en termes de filières. *Rev. Tiers Monde* 29, 665–693.
- Iberia Parish OHSEP, 2018. IBERIA PARISH ALL-HAZARD EMERGENCY OPERATIONS PLAN.
- Ibos, C., 2020. Masculinité des chiffonniers et disqualification des chiffonnières A Paris (1830-1880). *Trav. Genre Soc.* 43, 31–49. <https://doi.org/10.3917/tgs.043.0031>
- Ide, K., 2015. Treatment of disaster waste generated by the Great East Japan Earthquake- Treatment of disaster waste by member corporations of the Japan Federation of Construction Contractors. 15th Asian Reg. Conf. Soil Mech. Geotech. Eng. ARC 2015 New Innov. Sustain. 135–142. <https://doi.org/10.3208/jgssp.ESD-KL-6>
- Junger, J., Grenet, Y., 1991. La politique des déchets dans la CEE. Stratégie communautaire pour la gestion des déchets. *TSM* 6, 9–15.
- Kain, J.H., Zapata, P., De Azevedo, A.M.M., Carenzo, S., Charles, G., Gutberlet, J., Oloko, M., Reynosa, J.P., Campos, M.J.Z., 2022. Characteristics, challenges and innovations of waste picker organizations: A comparative perspective between Latin American and East African countries. *PLoS One* 17, 1–27. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265889>
- Kaiser, M.J., 2015. Hurricane clean-up activity in the Gulf of Mexico, 2004-2013. *Mar. Policy* 51, 512–526. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.09.001>
- Karunasena, G., Amaratunga, D., Haigh, R., Lill, I., 2009. Post disaster waste management strategies in developing countries: Case of Sri Lanka. *Int. J. Strateg. Prop. Manag.* 13, 171–190. <https://doi.org/10.3846/1648-715X.2009.13.171-190>
- Khan, H., Vasilescu, L.G., Khan, A., 2008. Disaster management cycle - a theoretical approach. *Manag. Mark. - Craiova* 43–50.
- Kikuchi City, 2011. Kikuchi City Disaster Disposal Plan.
- Kumamoto City Environment Bureau, 2019. Kumamoto City Disaster Waste Treatment Plan

- (in Japanese).
- Kumamoto Prefecture, 2017. Kumamoto Earthquake: Disaster waste disposal implementation plan (in Japanese).
- Kumamoto Prefecture, 2016. Kumamoto Prefecture Disaster Waste Disposal Plan (in Japanese).
- Labadie, J.R., 2008. Auditing of post-disaster recovery and reconstruction activities. *Disaster Prev. Manag. An Int. J.* 17, 575–586. <https://doi.org/10.1108/09653560810918612>
- Lafranchi, B., Jobin, V., Valache, M., 1995. Valoriser les produits électroniques en fin de vie 10, 93–97.
- Lagadec, P., 1991. La gestion des crises : outils de réflexion à l'usage des décideurs.
- Lançon, F., Temple, L., Biénabe, E., 2016. La notion de filière : un cadre d'analyse pour les politiques et les stratégies de développement, in: *Développement Durable et Filières Tropicales*.
- Lauritzen, E.K., 1998. Emergency construction waste management. *Saf. Sci.* 30, 45–53.
- Le Doré, Y., 1990. La filière déchet. *TSM* 5, 533–535.
- Leone, F., Meschinet De Richemond, N., Vinet, F., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. <https://doi.org/hal-03279213>
- LEQD, 2020. Comprehensive Plan for Disaster Clean-up and Debris Management.
- Lorca, A., Celik, M., Ergun, Ö., Keskinocak, P., 2017. An Optimization-Based Decision-Support Tool for Post-Disaster Debris Operations. *Prod. Oper. Manag.* 26, 1076–1091.
- Luther, L., 2008. Disaster debris removal after Hurricane Katrina: status and associated issues, Washington, Congressional Research Service.
- Marchesini, G., 2023. Organising disaster waste management as a critical infrastructure ?, in: *European Geoscience Union General Assembly 2023*.
- Marchesini, G., 2022. Local planning responsibilities for disaster waste management (DWM): building knowledge from storm Alex in the South Region of France. *Can. J. Reg. Sci.* 46, 66–76.
- Marchesini, G., Beraud, H., Barroca, B., 2020. Quantification of disaster waste: review of the available methods. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 53, 101996. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101996>
- Martin, J., Mejean, I., Picard, I., Schmutz, B., 2021. Dde Guangzhou à Naples : exportations françaises de déchets plastiques. <https://doi.org/halshs-03215707>
- Ménard, M., 2014. La notion de filière industrielle dans le domaine de la culture, de l'information et de la communication : une spécificité francophone ? *Can. J. Commun.* 39, 1–17. <https://doi.org/10.22230/cjc.2014v39n1a2857>
- Merad, M., 2010. Aide à la décision et expertise en gestion des risques.
- Merot, A., 2014. Gouvernance et développement durable : le cas de la responsabilité élargie

- du producteur dans la filière de gestion des déchets des équipements électriques et électroniques 381.
- Metzger, P., D'Ercole, R., 2011. Les risques en milieu urbain : éléments de réflexion. *EchoGéo* 18, 0–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.4000/echogeo.12640>
- Ministère de l'Écologie, du D. durable et de l'Énergie, 2014. Programme national de prévention des déchets 2014-2020.
- Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, 2019. Plan national de gestion des déchets 2021-2027.
- Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, 2008. Post-disaster ruins cleaning and waste management guidelines (for trial implementation) (automatic translation).
- Ministry of the Environment of Japan, 2018a. Disaster waste countermeasure guidelines (in Japanese).
- Ministry of the Environment of Japan, 2018b. Disaster Waste Management Guideline for Asia and the Pacific.
- Ministry of the Environment of the Republic of Korea, 2017. Disaster waste safety management guidelines.
- Mission interministérielle, 2010a. Tempête Xynthia. Retour d'expérience, évaluation et propositions d'action. Tome I : Rapport.
- Mission interministérielle, 2010b. RETOUR D'EXPERIENCE DES INONDATIONS SURVENUES DANS LE DEPARTEMENT DU VAR LES 15 ET 16 JUIN 2010.
- MNCA, 2020. Rapport annule 2020 sur le prix et la qualité du service public d'élimination des déchets.
- Moatty, A., Dubos-Paillard, E., 2020. Le système d'assainissement en Ile-de-France : entre ressource et facteur aggravant pour la gestion d'une inondation majeure. *CybergeO* 0–28. <https://doi.org/10.4000/cybergeO.34634>
- Moatty, A., Reghezza-Zitt, M., 2018. Infrastructures critiques, vulnérabilisation du territoire et résilience : assainissement et inondations majeures en Île-de-France. *VertigO* 18, 0–32. <https://doi.org/10.4000/vertigo.23554>
- Monfort, J.-A., 1983. A la recherche des filières de production. *Econ. Stat.* 151, 1–11.
- Moteff, J., Copeland, C., Fischer, J., Ave, I., Washington, S.E., 2003. Report for Congress Received through the CRS Web Critical Infrastructures : What Makes an Infrastructure Critical ? *Time* 21.
- Murakami, K., Murakami Wood, D., Tomita, H., Miyake, S., Shiraki, R., Itonaga, K., Dimmer, C., 2014. Planning innovation and post-disaster reconstruction: The case of Tohoku, Japan/Reconstruction of tsunami-devastated fishing villages in the Tohoku region of Japan and the challenges for planning/Post-disaster reconstruction in Iwate and new planning chal. *Plan. Theory Pract.* <https://doi.org/10.1080/14649357.2014.902909>
- Neuvel, J.M.M., van den Brink, A., 2010. The consideration of emergency management

- issues in spatial planning practices. *Environ. Plan. C Gov. Policy* 28, 37–53.
<https://doi.org/10.1068/c08130>
- NOAA, 2020. Louisiana Marine Debris Emergency Response Guide: Comprehensive Guidance Document.
- Noyes, D., Pérès, F., 2007. Analyse des systèmes - Sûreté de fonctionnement. *Sûreté Fonct.*
- Noyon, N., Begnaud, B., 1990. Où en la filière tri/compostage des ordures ménagères en France ? *TSM* 5, 21–24.
- OCAD3E, ADEME, 2020. Étude gisement DEEE 2019.
- Onan, K., Ülengin, F., Sennaroğlu, B., 2015. An evolutionary multi-objective optimization approach to disaster waste management: A case study of Istanbul, Turkey. *Expert Syst. Appl.* 42, 8850–8857. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.07.039>
- OPS., 2003. Gestion de residuos solidos en situaciones de desastre. OPS (Organizacion Panamericana de la Salud).
- Pearce, L., 2003. Disaster management and community planning, and public participation: How to achieve sustainable hazard mitigation. *Nat. Hazards* 28, 211–228.
<https://doi.org/10.1023/A:1022917721797>
- Pierrat, A., 2014. Les lieux de l'ordure de Dakar et d'Addis Abeba. Territoires urbains et valorisation non institutionnelle des déchets dans deux capitales africaines. *Univ. Paris 1*.
- Poiraud, G., 1992. La collecte des déchets toxiques des ménages. *Perspective. TSM* 7, 131–133.
- Popescu, R., Durand, M., d'Ercole, R., 2014. La gestion des déchets post-catastrophe à Port-au-Prince : entre relégation et proximité. *EchoGéo* 0–19.
<https://doi.org/10.4000/echogeo.14070>
- Poudel, R., Hirai, Y., Asari, M., Sakai, S. ichi, 2018. Establishment of unit generation rates of building debris in Kathmandu Valley, Nepal, after the Gorkha earthquake. *J. Mater. Cycles Waste Manag.* 20, 1663–1675. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0731-8>
- Préfecture des Alpes Maritimes, 2021. Retour d'expérience de la tempête Alex dans les Alpes-Maritimes - volet opérationnel.
- Préfecture des Alpes Maritimes, 2015. Inondations des 3 et 4 octobre 2015 dans les Alpes Maritimes, Retour d'expérience - rapport final.
- Raikes, J., Smith, T.F., Jacobson, C., Baldwin, C., 2019. Pre-disaster planning and preparedness for floods and droughts: A systematic review. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 38, 101207. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101207>
- Reghezza-Zitt, M., 2019. Gestion de crise et incertitudes ou comment, ou comment planifier le hors cadre et l'inimaginable. Application aux crises résultants de crues majeures en Île-de-France. *Ann. Geogr.* 2, 5–30.
- Reghezza-Zitt, M., Benitez, F., Devès, M.H., 2020. L'éruption de La Soufrière de Guadeloupe en 1976. Vivre avec la mémoire de la catastrophe. *VertigO* 20, 27.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.4000/vertigo.28911>
- Région Ile-de-France, 2019. Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets - Chapitre II : Les flux stratégiques du PRPGD en Ile-de-France.
- Reinhart, D.R., 2016. Disaster Debris Management - Planning Tools Disaster Debris Management – Planning Tools Debra R. Reinhart, PhD, PE College of Engineering University of Central Florida PO Box 162993 Orlando, FL 32816-2993 Philip T. McCreanor, PhD School of Engineeri.
- Revet, S., 2018. Dans les coulisses du monde des catastrophes “naturelles,” Le (bien). ed.
- Robin des bois, 2018. Les déchets de l’ouragan Irma Rapport n°1.
- Robin des Bois, 2010. Les déchets de la tempête Xynthia.
- Rocher, L., 2015. Entre secteur et territoires, la gestion des déchets au prisme de la planification. *Polit. Manag. public* 32, 311–327. <https://doi.org/10.3166/pmp.32.311-327>
- Rocher, L., 2013. Le chauffage urbain dans la transition énergétique : des reconfiguration entre flux et réseau. *Flux* 23–35. <https://doi.org/10.3917/flux.092.0023>
- Rocher, L., 2006. Gouverner les déchets. *Gestion territoriale des déchets ménagers et participation publique*.
- Ruas, A., Lhomme, S., Lamour, M., 2021. Localisation et estimation des volumes de déchets suite à l’ouragan Irma à Saint-Martin. *Risques urbains* 4, 1–13. <https://doi.org/10.21494/iste.op.2021.0634>
- Ruas, A., Lhomme, S., Truong, Q.T., 2022. Logiciel de simulation pour améliorer la collecte de déchets post ouragan. *Risques urbains* 6, 1–15. <https://doi.org/10.21494/iste.op.2022.0902>
- Rullier, M., 2023. La politique de gestion des risques d’inondation à l’épreuve de l’îlêité mahoraise.
- Sabathé, J.-M., 2010. La mise en oeuvre du decret SAIV par EDF. *Sécurité Strat.* 2, 19–22. <https://doi.org/10.3917/sestr.004.0019>
- Sahin, H., Kara, B.Y., Karasan, O.E., 2016. Debris removal during disaster response: A case for Turkey. *Socioecon. Plann. Sci.* 53, 49–59. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2015.10.003>
- Sakai, S., Poudel, R., Asari, M., Kirikawa, T., 2019. Disaster waste management after the 2016 Kumamoto Earthquake: A mini-review of earthquake waste management and the Kumamoto experience. *Waste Manag. Res.* 37, 247–260. <https://doi.org/10.1177/0734242X18815948>
- Sasao, T., 2016. Cost and efficiency of disaster waste disposal: A case study of the Great East Japan Earthquake. *Waste Manag.* 58, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.09.032>
- Secrétariat général de la Défense et de la Sécurité nationale, n.d. La sécurité des activités d’importance vitale. Objectifs et enjeux.

- Serrano, J., 2012. Exportation des déchets et solidarité spatiale entre la ville et son espace périurbain. *Espac. sociétés* n° 147, 117–134. <https://doi.org/10.3917/esp.147.0117>
- Serre, D., 2015. Les réseaux techniques urbains : des infrastructures en place de stratégies 1. <https://doi.org/10.3917/sestr.018.0028>
- Serre, M., De Salvia, G., 2022. Centres anciens, architecture de résistance. Atelier d'architecture en montagne.
- SGDSN, 2018. Dispositifs réglementaires de sécurité du SGDSN.
- SGDSN, S.G. de la D. et de la S.N., 2014. Instruction générale interministérielle relative à la sécurité des activités d'importance vitale 71.
- Somers, S., Svara, J.H., 2009. Assessing and managing environmental risk: Connecting local government management with emergency management. *Public Adm. Rev.* <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2008.01963.x>
- SPREP, 2020a. FACTSHEET - Managing Disaster Waste: A Guide for Communities.
- SPREP, 2020b. Asbestos Contaminated Materials Guide for Disaster Debris Removal.
- SPREP, 2020c. REGIONAL FACTSHEET NATIONAL DISASTER WASTE MANAGEMENT PLANS : BENEFITS OF HAVING DISASTER WASTE MANAGEMENT PLANS AND PLANNING TO PACIFIC.
- Swan, R.C., 2000. Debris management planning for the 21st century. *Nat. Hazards Rev.* 1, 222–225.
- Tabata, T., Wakabayashi, Y., Tsai, P., Saeki, T., 2017. Environmental and economic evaluation of pre-disaster plans for disaster waste management: Case study of Minami-Ise, Japan. *Waste Manag.* 61, 386–396. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.020>
- Tabata, T., Zhang, O., Yamanaka, Y., Tsai, P., 2016. Estimating potential disaster waste generation for pre-disaster waste management. *Clean Technol. Environ. Policy* 18, 1735–1744. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1160-9>
- Thibault, S., 2006. Le génie urbain.
- Toledano, J., 1978. À propos des filières industrielles 6, 149–158.
- Toubin, M., 2014. Améliorer la résilience urbaine par un diagnostic collaboratif, l'exemple des services urbains parisiens face à l'inondation.
- Toubin, M., Laganier, R., Diab, Y., Serre, D., 2015. Improving the Conditions for Urban Resilience through Collaborative Learning of Parisian Urban Services 05014021, 1–9. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000229](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000229)
- Trivalis, 2010. Evacuation des déchets issus de la tempête du 28 février 2010.
- UNOCHA, 2011. Disaster Waste Management Guidelines, Environment.
- Vinet, F., Peroche, M., Palany, P., Leone, F., Gherardi, M., Grancher, D., Moatty, A., Defossez, S., 2019. Collecte et gestion des débris post-cycloniques à Saint-Martin (Antilles françaises) après le passage du cyclone Irma (sept. 2017). *Cybergeog.*

<https://doi.org/10.4000/CYBERGEO.34154>

Vuillet, M., 2012. Élaboration d'un modèle d'aide à la décision basé sur une approche probabiliste pour l'évaluation de la performance des digues fluviales 291.

Wakabayashi, Y., Peii, T., Tabata, T., Saeki, T., 2017. Life cycle assessment and life cycle costs for pre-disaster waste management systems. *Waste Manag.*
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.06.014>

Wassenaar, T., Paillat, Jean-Marie Guerrin, F., Lecomte, P., Médoc, J.-M., Parrot, L., Queste, J., Salgado, P., Tillard, E., Vayssières, J., 2016. Le recyclage des résidus interfilières, in: *Développement Durable et Filières Tropicales*.

Yang, Z., Barroca, B., Weppe, A., Bony-Dandrieux, A., Laffrêchine, K., Daclin, N., November, V., Omrane, K., Kamissoko, D., Benaben, Frederick, Dolidon, H., Tixier, J., Chapurlat, V., 2023. Indicator-based resilience assessment for critical infrastructures – A review. *Saf. Sci.* 160. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106049>

Zhang, F., Cao, C., Li, C., Liu, Y., Huisingh, D., 2019. A systematic review of recent developments in disaster waste management. *J. Clean. Prod.*
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.229>

Table des matières

Résumé.....	2
Abstract	4
Avant-propos.....	6
Remerciements	8
Sommaire	12
Table des figures.....	18
Table des tableaux.....	22
Liste des annexes.....	24
Glossaire des principaux sigles utilisés.....	26
Introduction générale.....	30
Contexte.....	30
Problématique et objectifs de la recherche	31
Limites des travaux : types de déchets et de catastrophes	33
Démarche méthodologique.....	35
Approche générale.....	35
Collecte empirique de données : présentation des entretiens réalisés.....	36
Analyse des matériaux : utilisation d’une approche systémique	40
Structure du mémoire	42
Chapitre 1 : Enjeux et organisation de la gestion des déchets post-catastrophe	44
Sommaire.....	44
Introduction du chapitre 1.....	46
1.1. Déchets et catastrophes naturelles.....	47
1.1.1. Définitions : de la catastrophe aux déchets post-catastrophe	47
Risques, catastrophes, crises.....	47
Les déchets de situation exceptionnelle	50
Discussions autour du statut et de la propriété du déchet de situation exceptionnelle	54
A qui appartient le déchet post-catastrophe ?	54
Un déchet sentimental ?	56

1.1.2.	Adaptation et résilience des réseaux techniques	56
	Impacts sur les systèmes techniques urbains : propagation etc.	56
	La résilience des réseaux techniques urbains	57
1.1.3.	Organisation de la gestion des catastrophes	60
	Organisation de la gestion des catastrophes : risque, crise et post-catastrophe.....	60
	Quelles places pour les déchets dans cette organisation ?	62
	Les déchets dans les retours d'expérience	65
1.2.	Les déchets post-catastrophe.....	67
1.2.1.	Les déchets post-catastrophe, un domaine d'étude peu structuré.....	67
	Historique : une préoccupation récente, qui se développe après des grandes catastrophes	67
	Des domaines d'études variés	71
1.2.2.	Organisation et acteurs de la gestion des déchets post-catastrophe	74
	Typologie de déchets	74
	Une multiplicité d'acteurs	77
	Organisation de la gestion des déchets post-catastrophe : de l'idéal à la pratique.....	80
	Outils d'aide à la décision.....	82
	Conclusion du chapitre 1	84
Chapitre 2 : Construction et organisation des filières de gestion des déchets		86
	Sommaire.....	86
	Introduction du chapitre 2.....	88
2.1.	La notion de filière pour les systèmes productifs	89
2.1.1.	Historiques de la notion de filières en sciences économiques et de gestion	89
	Naissance de la notion de filière dans l'économie industrielle	89
	La notion de filière : un outil académique et opérationnel	90
	Développement de la notion de filière dans le monde agricole.....	91
	Quel développement de la notion de filière en dehors de la littérature francophone ?	92
2.1.2.	Définitions et caractéristiques d'une filière	92
	Consensus sur la définition	92
	La filière, plus qu'un enchaînement de techniques	94
	Comment délimiter une filière ? Filière de production VS filière produit	96
2.1.3.	Apports de la notion de filière dans l'analyse des systèmes productifs	97

Un outil d'analyse des systèmes économiques	97
Un outil de développement des territoires.....	99
2.1.4. Synthèse	100
2.2. Les filières de gestion des déchets	100
2.2.1. Naissance du déchet urbain et structuration de la gestion	100
Les premières « filières » de gestion des déchets urbains	100
La formalisation de la gestion des ordures ménagères	101
Premières lois sur les déchets et développement des filières.....	102
2.2.2. Utilisation du terme filière	104
Apparition du terme filière.....	104
Les filières REP : des filières bien délimitées ?.....	106
La filière, un outil d'analyse théorique du système de gestion des déchets ?	109
2.2.3. Proposition de caractérisation des filières.....	114
Définition générale d'une filière de gestion des déchets	114
Les filières déchets, des filières industrielles comme les autres ?.....	115
2.3. De l'intérêt d'étudier le système de gestion des déchets à travers la filière.....	118
2.3.1. Le service de gestion des déchets, un système sociotechnique urbain	118
Le service de gestion des déchets, du réseau technique urbain au système complexe	118
Facteurs de complexité du système de gestion des déchets.....	120
Le génie urbain pour étudier le système de gestion des déchets	121
2.3.2. L'intérêt de la filière pour notre étude	122
Apport des filières pour étudier le système de gestion des déchets.....	122
Les filières face à la catastrophe	124
2.3.3. La filière dans le système : les filières comme sous-systèmes ?.....	125
Les découpages « usuels » de la filière de gestion des déchets	125
Exemple de filières selon ces découpages	127
Les filières comme liens relationnels du système	129
Conclusion du chapitre 2	131
Chapitre 3 : Elaboration d'une méthode d'analyse de l'évolution du système de gestion des déchets en situation de post-catastrophe	132
Sommaire.....	132
Introduction du chapitre 3.....	134

3.1.	Besoins scientifiques et opérationnels de la méthode	135
3.1.1.	Une faible connaissance des interdépendances entre le système de gestion des déchets et les autres systèmes urbains	135
	Quelles connaissances des interdépendances avec les autres systèmes sociotechniques urbains ?	135
	Quelles connaissances sur les interdépendances au sein du système de gestion des déchets ?	138
3.1.2.	Faire le lien entre système de gestion des déchets et la gestion de la catastrophe	141
	Voir la crise comme moment du système et non comme une perturbation extérieure	141
	Temporalité de la gestion de crise VS temporalité de la gestion des déchets	141
3.1.3.	Principaux éléments à prendre en compte pour le développement de la méthode d'analyse.....	144
3.2.	Méthodes existantes disponibles pour analyser le système de gestion des déchets en post-catastrophe	145
3.2.1.	Etats des lieux des méthodes utilisées dans les travaux sur la gestion des déchets post-catastrophe	145
	Les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe	145
	Les outils d'aide à la décision pour la gestion des déchets post-catastrophe	147
	Délimitations du système « gestion des déchets post-catastrophe »	149
	Limites des méthodes pour étudier les aspects organisationnels	151
3.2.2.	La Sûreté de fonctionnement : des méthodes éprouvées pour l'analyse des systèmes urbains.....	152
	Sûreté de fonctionnement, analyse fonctionnelle et AMDE	152
	Des modèles fonctionnels / dysfonctionnels binaires qui ne permettent pas de prendre en compte le temps long de la post-catastrophe	155
	Utilisation de l'analyse fonctionnelle pour étudier le système de gestion des déchets	156
3.2.3.	Proposition de méthode : « analyse des réorganisations et de leurs effets sur les filières » (AREF).....	159
3.3.	Préfiguration de la démarche méthodologique	161
3.3.1.	La filière dans le système	161
	Paramétrage des filières.....	161
	Discussion du paramétrage	164
3.3.2.	Définition du système et granulométrie	165

Analyse fonctionnelle externe	165
Analyse fonctionnelle interne : pré-identification des composants.....	166
Granulométrie 1	166
Granulométrie 2	168
3.3.3. Adaptation du tableau d'analyse fonctionnelle et d'AMDE	169
Conclusion du chapitre 3	170
Chapitre 4 : Application de la méthode sur un retour d'expérience – cas de la gestion des déchets après la tempête Alex dans la vallée de la Roya	172
Sommaire.....	172
Introduction du chapitre 4.....	174
4.1. Enquête terrain : contexte régional et éléments méthodologiques.....	175
4.1.1. Contexte : la région Provence-Alpes-Côte d'Azur face aux déchets post-catastrophe	175
Le Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets (PRPGD).....	175
Les initiatives des acteurs locaux	177
Quels retours d'expérience sur la gestion des déchets après la tempête Alex ?	179
4.1.2. Réalisation de l'enquête terrain, quelques éléments méthodologiques	183
Choix du terrain.....	183
Modalités de l'enquête terrain	184
4.2. Présentation du cas d'étude : les impacts d'un évènement exceptionnel sur un territoire enclavé	186
4.2.1. La vallée de la Roya : un territoire enclavé peu préparé au risque d'inondation	186
Un territoire enclavé	186
Un territoire solidaire.....	187
Un territoire peu préparé au risque d'inondation	188
Le service de gestion des déchets dans la Roya.....	189
La Métropole Nice Côte d'Azur (MNCA)	191
4.2.2. La tempête Alex : impact d'un phénomène météorologique extrême sur le système de gestion des déchets	192
Evènement météorologique et dommages	192
Impact sur le système de gestion des déchets	197
Résumé de l'évènement avec les indicateurs de la gestion des déchets post-catastrophe	201

4.2.3.	Sélection des filières de gestion des déchets les plus impactées	203
	Identification des gisements	204
	Sélection des filières.....	205
4.3.	Analyse systémique de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya après la tempête Alex	206
4.3.1.	Déchets produits par la catastrophe.....	206
	Choix de modélisation.....	206
	Bloc-diagrammes fonctionnels.....	207
4.3.2.	Déchets de la gestion de crise et de la continuité de service	212
	Choix de modélisation.....	212
	Bloc-diagrammes fonctionnels.....	213
4.3.3.	Premiers résultats : des nouveaux déchets aux nouveaux acteurs	218
	Modification des gisements	218
	Evolution de la réorganisation	218
	Des nouveaux acteurs avec des liens informels.....	220
	Conclusion du chapitre 4	222
Chapitre 5 : Mettre en place une filière de gestion des déchets post-catastrophe ?		224
	Sommaire.....	224
	Introduction du chapitre 5.....	226
5.1.	Réorganisation des filières existantes	227
5.1.1.	Désactivation et suractivation de filières.....	227
	Filières désactivées.....	227
	Filières suractivées	229
	Activation d'une nouvelle filière « déchets ménagers post-catastrophe » ?	232
5.1.2.	Suractivation ou nouvelles filières : exemple de la filière des déchets verts ..	235
	Gestion des déchets verts ménagers avant la catastrophe	236
	Gestion des déchets verts après la catastrophe	237
	Apparition de pseudo-filières de gestion des déchets verts.....	240
5.1.3.	Avantages et inconvénients de considérer des nouvelles filières	245
	Une filière unique « déchets post-catastrophe »	245
	Un nettoyage du territoire plus rapide.....	245
	... mais un risque de baisse des normes environnementales.....	247
	Des filières post-catastrophe avec obligation de tri	248

Des acteurs spécialisés dans la gestion des déchets post-catastrophe	248
Difficultés pour mobiliser les acteurs et financer la filière.....	250
5.2. Organiser le service de gestion des déchets comme une activité d'importance vitale ?.....	251
5.2.1. Les activités d'importance vitale.....	251
Les infrastructures critiques.....	251
Les secteurs d'activités d'importance vitale (SAIV)	253
Obligations réglementaires des opérateurs d'importance vitale	255
5.2.2. Le service de gestion des déchets, une infrastructure d'importance vitale ? .	258
En quoi le service de gestion des déchets peut-il être considéré comme une activité d'importance vitale ?.....	258
Risques sur l'environnement et la santé	259
Interdépendances du service de gestion des déchets	259
Impacts économiques.....	262
Des points communs avec les autres systèmes sociotechniques urbains	263
Des points communs organisationnels : le système d'assainissement.....	264
Missions de service public, continuité d'activité et organisation en réseau	265
Une tendance déjà en action ?.....	265
Des acteurs de la gestion des déchets qui commencent à être responsabilisés	266
Un système qui s'élargit en post-catastrophe.....	267
5.2.3. Quels apports pour la gestion des déchets post-catastrophe ?	268
Une accélération de la prise de mesures	268
Adaptation « structurelle »	268
Liens avec les autres acteurs de la gestion des catastrophes.....	270
Conclusion du chapitre 5	272
Chapitre 6 : Quelles perspectives pour l'organisation de la gestion des déchets post-catastrophe et sa planification ?	274
Sommaire.....	274
Introduction du chapitre 6.....	276
6.1. Quelle avancée de la planification des déchets post-catastrophe dans le monde ?	277
6.1.1. Quelles planifications de la gestion des déchets post-catastrophe à l'internationale ?	277
Inventaires de planifications internationales.....	277

Les guides nationaux : un pas vers l’opérationnalisation	279
Des plans locaux encore peu répandus.....	282
6.1.2. Etat de la planification des déchets post-catastrophe en France.....	285
Les déchets, un risque en soi mais dont la planification comprend peu de synergies avec les planifications des risques naturels : exemple de la planification nationale de gestion des déchets.....	285
Les plans régionaux de prévention et de gestion des déchets (PRPGD)	286
Les plans locaux.....	288
6.1.3. Des difficultés générales pour mettre en place des planifications de la gestion des catastrophes naturelles	289
Une multiplicité d’acteurs qui rend difficile l’identification des responsabilités	289
Des intérêts concurrents avec les autres activités.....	290
Choisir parmi une diversité d’outils de planification	291
Quelles préparations face aux incertitudes de la gestion des catastrophes ?	292
6.1.4. Des difficultés spécifiques aux déchets post-catastrophe.....	293
Synthèse des difficultés.....	294
Quel est l’intérêt de planifier la gestion des déchets post-catastrophe ?.....	295
6.2. Quel processus de planification mettre en place ?.....	297
6.2.1. Evaluer les possibilités de planification : couplage des indicateurs de Brown et des temporalités de la gestion de crise	297
6.2.2. La planification, une responsabilité multi-acteur	299
Qui pour planifier quoi ?	299
La planification du service de gestion des déchets organisé comme une AIV	303
6.2.3. Quelles étapes de la planification faut-il prioriser ?	305
Un reversement dans les priorités du processus de planification : de la quantification à l’identification des acteurs	305
L’identification des zones de stockage temporaire (ZST) : une étape concrète et facile de la planification ?	306
Préparer le système en situation normale pour diminuer les indicateurs de Brown.	310
6.2.4. Quelles stratégies pour opérationnaliser la planification ?.....	312
La fin des situations exceptionnelles ?.....	312
Les stratégies de planification pour la gestion des déchets post-catastrophe.....	313
Un exemple de scénario : utilisation de la méthode AFER pour la planification.....	315
Conclusion du chapitre 6	322

Conclusion générale	324
Principaux résultats	324
Apports, limites et perspectives de la recherche	327
Sur le retour d'expérience	327
Sur les filières	328
Sur l'organisation de la gestion des déchets post-catastrophe.....	328
Sur la méthode AREF.....	330
Annexes	332
Annexe 1 : Tableaux AREF de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya – déchets produits par la catastrophe	334
Annexe 2 : Tableaux AREF de la gestion des déchets dans la vallée de la Roya – déchets de la gestion de crise et de la continuité d'activité.....	340
Annexe 3 : Quantification des déchets post-tempête Alex.....	346
Annexe 4 : Liste des documents de planification inventoriés.....	350
Bibliographie	354
Table des matières	368

