



HAL
open science

Estimation du volume et de la nature des déchets produits par une inondation. Éléments de réflexion pour l'élaboration d'une méthode

Hélène Béraud, Julien Jadot, Bruno Barroca, Gilles Hubert, Nicolas Bauduceau

► To cite this version:

Hélène Béraud, Julien Jadot, Bruno Barroca, Gilles Hubert, Nicolas Bauduceau. Estimation du volume et de la nature des déchets produits par une inondation. Éléments de réflexion pour l'élaboration d'une méthode. 12th Congress Interpraevent 2012, Apr 2012, Grenoble, France. hal-01623810

HAL Id: hal-01623810

<https://hal.science/hal-01623810>

Submitted on 25 Oct 2017

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.

ESTIMATION DU VOLUME ET DE LA NATURE DES DECHETS PRODUITS PAR UNE INONDATION

ELEMENTS DE REFLEXION POUR L'ELABORATION D'UNE METHODOLOGIE

Hélène Beraud¹, Julien Jadot², Bruno Barroca³, Gilles Hubert⁴, Nicolas Bauduceau⁵

RESUME

Les acteurs de la gestion des déchets et les gestionnaires du territoire commencent à appréhender la problématique des déchets post inondation et expriment le besoin d'une meilleure sensibilisation et d'outils adaptés. Dans cet objectif, la question de l'estimation du volume des déchets est un point central. Elle permet en effet d'anticiper, d'organiser et de planifier la gestion des déchets post inondation, mais également de mobiliser les décideurs sur cette problématique. Or, contrairement à d'autres pays, il n'existe pas actuellement de méthode de quantification de ces déchets en France, et les méthodes existantes ne semblent pas convenir aux attentes des gestionnaires des déchets et du territoire. Ces derniers souhaitent en effet un outil leur permettant, d'une part, de quantifier par type de déchets post inondation, mais également, de prendre en compte les questions de spatialisation et de temporalité de la production. Aboutir à une telle précision soulève des enjeux méthodologiques.

The stakeholders of waste management and the territory managers begin to show interest for the problems of waste flood. They express the need of being better sensitized and of having adapted tools. Following this objective, there is a central question: how to estimate quantities of these waste? It is necessary for anticipation, organization and planning the management of these flood induced waste, as well as to mobilize decision-makers on this topic. Unlike in others countries, in France, quantification and characterization method currently not exists. Existing methods seem not reaching the expectations of waste and territory managers. Indeed, they expect a tool allowing them to make quantities estimation by type of waste, in one hand, and in the other hand, to take in consideration the spatial repartition and time line of waste production by floods. To reach such accuracy imposes to consider methodological stakes.

Mots clefs : déchets post inondation, quantification, qualification, France

Key words: waste flood, quantity estimation, characterization, France

INTRODUCTION

Une inondation génère des déchets en quantité extrêmement importante et de nature nouvelle. Matériaux de construction, branchages, mobiliers, stocks d'entreprises, d'exploitations agricoles ou de supermarchés, boues, gravats, cadavres d'animaux se retrouvent mouillés, mélangés, voire pollués par des hydrocarbures et des substances toxiques. J. Bonnemains définit ces déchets comme « tous les

¹ Doctorante, LEESU équipe Génie urbain, Université Paris Est Marne-la-Vallée, helene.beraud@univ-mlv.fr

² Chargé de mission au Centre européen de prévention du risque d'inondation (CEPRI)

³ Maître de conférence, LEESU équipe Génie urbain, Université Paris Est Marne-la-Vallée

⁴ Professeur, LEESU équipe Génie urbain, Université Paris Est Marne-la-Vallée

⁵ Directeur scientifique et technique du Centre européen de prévention du risque d'inondation (CEPRI)

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, la salubrité publique ou de porter atteinte à la biodiversité » (Bonnemains, 2009). Outre les questions de salubrité et de santé publique qu'ils posent, leur élimination est un enjeu de la gestion globale de la crise. En effet, qu'il s'agisse de la circulation des secours, des personnes, de la libération des moyens de production, de la réintégration dans les habitations et les entreprises ou de la remise en service des réseaux, les déchets post inondation peuvent perturber fortement le retour à la normale d'un territoire. Après une catastrophe de grande ampleur, leur gestion nécessite souvent plusieurs années, comme cela fût le cas à la Nouvelle-Orléans suite au passage de l'ouragan Katrina et à l'inondation due aux ruptures des digues du lac Ponchartrain. S. H. Duncan (cité par Hassett et Handley, 2006) estimait en 2005 que la gestion des déchets post Katrina (plus de 76 millions de m³ de déchets générés, soit l'équivalent d'un an et demi de production en période normale (Luther, 2008) prendrait au moins cinq ans. Il ne s'était pas trompé. En outre, le coût de cette gestion n'est pas négligeable. Dans le Var, la gestion des déchets produits par les inondations qui ont touché la Dracénie en juin 2010 a coûté 4,5 millions d'euros (Liquet, 2011). La FEMA a estimé, en 2007, que ce coût équivalait à un peu plus d'un quart du coût total des opérations de redémarrage du territoire (Brown et al., 2011). La place de la gestion des déchets dans le redémarrage du territoire suite à une catastrophe ne doit donc pas être négligée.

Or, la prise en compte de cette question est relativement récente. Nous sommes passés, en quelques années, d'un sujet marginal auquel très peu de gestionnaires du territoire étaient sensibilisés à un sujet émergent qui gagne l'intérêt des collectivités et des services de l'État. Ainsi, différents travaux ont été lancés sur cette question ces dernières années. Également signe de cette évolution, le décret précisant l'ordonnance de transposition de la directive européenne impose désormais aux plans départementaux et régionaux de gestion et de prévention des déchets non dangereux et dangereux, de fixer « la description de l'organisation à mettre en place pour assurer la gestion des déchets en situation exceptionnelle risquant d'affecter l'organisation normale de la collecte et du traitement des déchets, notamment en cas de pandémie ou de catastrophe naturelle et l'identification des zones à affecter aux activités de traitement des déchets dans de telles situations » (Articles 10 et 11 du décret n° 2011-828 du 11 juillet 2011 portant diverses dispositions relatives à la prévention et à la gestion des déchets). Les acteurs de la gestion des déchets et les gestionnaires du territoire commencent donc à appréhender cette « nouvelle » problématique et expriment le besoin d'une meilleure sensibilisation et d'outils adaptés.

Dans cet objectif, l'estimation du volume des déchets est une des questions centrales. Pour pouvoir anticiper, organiser et planifier la gestion des déchets post inondation, l'estimation des quantités et de la nature des déchets produits est un préalable nécessaire. Cette estimation permet également de mobiliser les décideurs, les politiques, sur cette question. Contrairement à d'autres pays (Etats-Unis, Japon, Chine, notamment), il n'existe pas actuellement de méthodes de quantification et de qualification des déchets en France. Les acteurs de la gestion des déchets semblent réellement démunis sur cette question. Il apparaît donc stratégique de s'intéresser à la possibilité de transposer ces méthodes au cas français, et si ça n'était pas possible, de réfléchir à l'opportunité d'en réaliser une spécifique au territoire français⁶. Cet article présente les résultats de cette réflexion.

A cet effet, un état de l'art des méthodes existantes sera présenté dans une première partie. Les résultats de cette analyse seront ensuite comparés aux attentes des gestionnaires français en matière de description du gisement de déchets afin de mesurer la nécessité de travailler à l'élaboration d'une nouvelle méthode. Enfin, dans une troisième partie, les enjeux méthodologiques soulevés par la réalisation d'une telle méthode seront présentés.

⁶ Cette réflexion est menée dans le cadre du projet de recherche MECaDéPI (Méthode d'Estimation et de Caractérisation des Déchets Post Inondation), réalisé par le département Génie urbain de l'université Paris Est – Marne la Vallée et le CEPRI (le Centre européen de prévention du risque d'inondation). Il est financé par l'Etablissement Public Loire et le FEDER dans le cadre du Plan Loire. Succinctement, il s'agit de mettre en place une méthode permettant aux gestionnaires de déchets et de crise d'avoir, pour leur territoire, une estimation du volume et de la qualité du gisement de déchets que pourrait générer une inondation.

DES OUTILS DE QUANTIFICATION GLOBALE A DESTINATION DES GESTIONNAIRES : ETAT DE L'ART DES METHODOLOGIES EXISTANTES.

PRESENTATION DU CORPUS DE TEXTE

Un corpus de 7 textes a été réuni sur la question précise de la quantification des déchets post catastrophe parmi une trentaine de références bibliographiques traitant des déchets post catastrophe (Tableau 1, p.3). Nous avons fait le choix de retenir toutes les méthodes de quantification, indépendamment de la nature de l'aléa qu'elles concernaient. En effet, d'une part, les méthodes portant exclusivement sur les inondations sont peu nombreuses (Chen et al., 2006, Hirayama et al., 2010). D'autre part, nous avons estimé que, même si la méthode ne pouvait être directement reproduite du fait d'une nature d'aléa différente (deux aléas de nature différente ne produisent en effet pas les mêmes déchets (Brown et al., 2011), sa philosophie générale pourrait être reprise.

Tableau 1. Corpus des textes analysés
Table 1. Corpus of analyzed documents

ID	Référence	Type	Zone d'étude	Description détaillée
1	Chen et al., 2006	Article scientifique	Taiwan	Oui
2	City of New Orleans, 2008	Guide opérationnel	Nouvelle-Orléans (Etats-Unis)	Non
3	Fema, N.C.	Guide méthodologique	Etats-Unis	Non
4	Hirayama et al., 2010	Article scientifique	Japon	Oui
5	Office of Emergency Services California, 2005	Guide opérationnel	Californie (Etats-Unis)	Non
6	Tansel et al., 1994	Article scientifique	Floride (Etats-Unis)	Oui
7	Umpierre et Margoles, 2005	Article scientifique	Floride (Etats-Unis)	Non

Ces textes présentent chacun, de manière plus ou moins détaillée, une méthode de quantification des déchets post catastrophe. Malgré leur nature différente (article scientifique, guide opérationnel, guide méthodologique), ils ont tous une même visée opérationnelle. Toutes ces méthodes ont en effet comme objectif d'être facilement utilisables par les gestionnaires des déchets et les autorités publiques, en période de crise (City of New Orleans, 2008, Hirayama et al., 2010, Office of Emergency Services California, 2005, Tansel et al., 1994) ou de manière anticipée (Chen et al., 2006, Fema, N.C., Hirayama et al., 2010, Umpierre et Margoles, 2005).

CARACTERISTIQUES DES METHODES

Chaque méthode a été analysée suivant une grille de lecture permettant de mesurer leur adaptabilité (Tableau 2, p.4). A deux exceptions près sur lesquelles nous reviendrons ensuite (Office of Emergency Services California, 2005, Umpierre et Margoles, 2005), ces méthodes ne permettent pas d'avoir une vision précise des différents types de déchets pouvant être produits sur un territoire. Lorsqu'une caractérisation du gisement est faite, elle concerne uniquement les déchets du bâtiment (Fema, N.C., Hirayama et al., 2010, Tansel et al., 1994), parfois détaillés en sous catégories (« building finishes, structural components & foundation materials » (Fema, N.C.). Ce choix peut s'expliquer par le fait que ces déchets sont probablement les plus simples à quantifier. Une littérature nombreuse existe en effet sur la question (Cochran et al., 2007, Hsiao et al., 2002, etc.). En outre, ce gisement est réputé comme le plus important en termes de volume. Ainsi B. Dubey *et al.* estime que la moitié des déchets produits suite au passage de l'ouragan Katrina était constituée de déchets de la construction (Dubey et al., 2007). Sa gestion apparaît donc comme problématique et doit être anticipée. Parallèlement à ces méthodes de quantification globale du gisement, deux références se démarquent. La première, le guide de gestion des déchets réalisé par l'Agence californienne de gestion de crise (Office of Emergency Services California, 2005), propose des ratios de production de déchets pour quelques catégories de gisements (les affaires personnelles, les mobiles homes). La seconde, l'article de D. Umpierre et G. Margoles (Umpierre et Margoles, 2005) décrit un modèle permettant de quantifier les déchets de construction et de démolition, les déchets verts et les sédiments potentiellement produits par un

cyclone (ou l'inondation en décollant). Cependant, ces deux articles ne présentent pas le détail des calculs utilisés.

Tableau 2. Analyse des méthodes de quantification des déchets post catastrophe
Table 2. Analyze of disaster waste's quantification methods

ID	Description de la quantification		Aléa		Nature de la méthode	Unité des données en sortie
	Qualité de la quantification	Gisements décrits	Type d'aléa	Variation des paramètres		
1	Globale		Inondation pluviale (Typhon)	Oui	Déterministe	Volume
2	Globale		Cyclone	Oui	Probabiliste	Volume
3	Semi-détaillée	Bâti	Inondation	Oui	Déterministe	Poids
4	Globale	Bâti	Séisme et inondation	Oui	Déterministe	Poids et volume
5	Semi-détaillée	Bâti, affaires personnelles et mobil-home	Tous types	Non	Probabiliste	Volume
6	Semi-détaillée	Bâti	Cyclone	Non	Déterministe	Poids
7	Semi-détaillée	Bâti et végétation	Cyclone et inondation (cyclone)	Oui	Déterministe	Volume

La majorité de ces méthodes a été réalisée pour une nature d'aléa bien précise. Trois méthodes considèrent néanmoins plusieurs aléas. Celles réalisées par Umpierre D. et Margoles G. et par Hirayama N., Shimaoka T. et Fujiwara T. s'intéressent chacune à deux aléas (cyclones et inondations pour la première, tremblement de terre et inondation pour la seconde). Cependant, cette capacité est à nuancer. En effet, la première méthode ne traite que des inondations induites par le cyclone, et non d'inondations au sens large⁷. Quant à la seconde méthode, si elle est similaire pour quantifier les déchets au niveau de la forme, les ratios utilisés sont quant à eux différents. Le modèle n'est donc pas le même. En revanche, l'Agence californienne de gestion de crise propose une méthodologie d'estimation des déchets assez large pour concerner plusieurs aléas différents. Un même calcul permet d'estimer les déchets générés par une inondation, un tremblement de terre ou un incendie. En outre, certaines de ces méthodes permettent de faire varier les caractéristiques ou l'intensité de l'aléa, induisant ainsi des estimations différentes de quantités de déchets potentiellement produits, adaptées à l'intensité du phénomène générateur (Chen et al., 2006, City of New Orleans, 2008, Fema, N.C., Hirayama et al., 2010, Umpierre et Margoles, 2005).

Enfin, les méthodes analysées se caractérisent d'une part, par une dissemblance quant à leur construction, mais une relative similarité au niveau des données qu'elles mobilisent.

La construction des méthodes peut être de deux natures : déterministe ou probabiliste. Dans le premier cas, le modèle ainsi élaboré repose sur une relation issue d'un groupe de variables explicatives. Il permet de connaître l'état d'un objet à un instant $t+n$, à partir de son état à l'instant t . En revanche, une méthode probabiliste introduit une incertitude, une fluctuation. Le modèle repose alors sur des probabilités, un élément aléatoire (Durand-Dastès, 1992). Parmi les méthodes analysées, celles de Chen *et al.*, du FEMA, d'Hirayama *et al.*, de Tansel *et al.* et d'Umpierre et Margoles sont de type déterministe. La méthode développée par Chen *et al.* mise à part, elles proposent toutes une quantification, en fonction des paramètres de l'aléa, se basant sur le croisement entre un taux de production de déchets par unité de type d'enjeux et le nombre de ces enjeux. Celle de Chen *et al.* s'appuie quant à elle sur un corpus de données de production de déchets très importantes, permettant de calculer un coefficient de corrélation entre ces données quantitatives et des facteurs explicatifs (caractéristiques de l'aléa, densité de population et surface de la zone inondable) (Chen et al., 2006). A l'inverse, les méthodes développées par la Ville de la Nouvelle-Orléans et l'Agence californienne de gestion de crise sont de type probabiliste.

⁷ Dans le premier cas, le cyclone est l'aléa principal. L'inondation n'est alors qu'un paramètre permettant de décrire le phénomène. Dans le second cas, l'inondation est l'aléa principal. Il peut être décrit à travers différents paramètres comme la hauteur, la durée, la vitesse ou la turbidité.

S'il y a une dichotomie dans la nature de construction des modèles, il existe une certaine similarité dans les données mobilisées pour quantifier les déchets. Ces données d'entrée se rangent en trois catégories : nature de l'aléa, caractéristiques des habitations et occupation du sol (Tableau 3, p. 5)

Tableau 3. Nature des données mobilisées par les différentes méthodes (ID mentionné entre parenthèses)
Table 3. Nature of data mobilized by the different methods (ID indicated between parenthesis)

Nature de l'aléa	Caractéristiques des habitations	Occupation du sol
Intensité des précipitations (1, 2)	Surface des bâtiments (3, 5)	Densité de population (1)
Surface de la zone inondable (1, 4)	Type de fondation et présence de sous-sol (3)	Nombre d'habitants (2)
Catégorie du cyclone (2)	Éléments de fragilité des constructions (4)	Surfaces et caractéristiques du couvert végétal (2, 5)
Hauteur d'eau (3, 4, 7)	Matériaux de construction (6)	Densité des industries / commerces (2)
Intensité du séisme (4)	Type d'habitat (6)	Type d'occupation des sols (5, 7)
Force du vent (7)		

Il y a donc une catégorie pour l'aléa et deux catégories pour les enjeux. Faire apparaître les paramètres de l'aléa est incontournable puisqu'il s'agit de la prise en compte de l'élément générateur de déchets à travers ses caractéristiques principales. Concernant les enjeux il y a deux niveaux de lecture : un, à grande échelle, qui décrit l'occupation du territoire et permet, soit de déterminer les enjeux (nature et quantité) qu'il porte, soit d'apporter une notion quantitative globale sur les enjeux présents. Et un autre, plus précis, concernant l'enjeu principal utilisé par les différentes méthodes : les habitations, le bâti. Ces méthodes ont pour objectif de quantifier globalement et facilement les déchets post catastrophe. Elles doivent donc mobiliser des données aisées à trouver et à utiliser (densité de population, nombre d'habitants ou type d'occupation du sol, par exemple, qui peuvent être accessibles à travers un simple recensement), ce qui explique leur similarité quant aux données mobilisées. On observe néanmoins une certaine variabilité au sein des méthodes dans la qualité et la précision des données requises. Ainsi, dans un certain nombre de modèles, pour un facteur donné, seul un ordre de grandeur est demandé (exemple des caractéristiques du couvert végétal dans les méthodes présentées par la Ville de la Nouvelle-Orléans (City of New Orleans, 2008) ou l'État de Californie (Office of Emergency Services California, 2005). Un modèle est ainsi construit avec des données de précision extrêmement variable. Cette variation est souvent due à la source des données. Ainsi certaines peuvent provenir de relevés de terrain (Chen et al., 2006, Tansel et al., 1994), de données statistiques (Chen et al., 2006, Hirayama et al., 2010, Umpierre et Margoles, 2005), d'observations cartographiques (Hirayama et al., 2010) ou, encore, de dires d'expert (Umpierre et Margoles, 2005).

Cette analyse des références bibliographiques existantes sur la question des méthodes de quantification des déchets post catastrophe a permis de mettre en évidence un certain nombre de caractéristiques. Les méthodes réalisées jusqu'à présent ont pour objectif premier la quantification globale des déchets. Peu d'entre elles proposent une caractérisation, un découpage de ces quantités par type de déchets. Cet objectif influence par là même la nature des données mobilisées qui sont souvent réduites aux questions de l'habitat et de l'occupation du sol au sens général. Il apparaît également que les méthodes de quantification des déchets sont généralement mono aléa. Quelques incertitudes demeurent néanmoins sur leur opérationnalité et leur transposition. En effet, à la date de rédaction des articles consultés, la plupart de ces méthodes n'ont pas été testées sur un cas concret. Or, un tel exercice aurait permis de mettre en évidence leurs limites, les difficultés rencontrées ou leurs réussites. Plus largement, ces méthodes ne sont pas assez décrites dans la littérature pour s'en faire une idée précise. Un approfondissement à travers des entretiens avec leur auteur aurait été pertinent. Cependant, ce travail n'a pu être mené pour l'instant. Ces méthodes doivent donc être utilisées avec précaution.

Une fois ces recommandations faites, il s'agit de s'interroger sur la possibilité de les transposer en partie sur le cas français. En partie seulement, car cette transposition, si elle s'avère pertinente, nécessitera quelques précautions. En effet, l'ensemble des méthodes sont spécifiques à un type particulier d'aléa et / ou à un mode de construction. Elles ne peuvent donc être utilisées qu'avec précaution sur d'autres territoires et / ou avec un autre aléa. En effet, d'une part, comme cela a été démontré précédemment, deux aléas de nature différente ne produisent pas les mêmes déchets. D'autre part, l'endommagement n'étant pas le même suivant les modes de construction (fondations, type de structure, matériaux de construction, structure du toit, etc.), le volume du gisement potentiel de déchets, mais également, et surtout, sa nature ne seront probablement pas les mêmes. Il conviendra

donc, si leur utilisation semble pertinente de vérifier dans quelle mesure des parallèles peuvent être faits entre l'aléa et / ou les modes de construction.

DE LA NECESSITE DE CREER UNE NOUVELLE METHODE : ANALYSE DES ATTENTES DES GESTIONNAIRES EN MATIERE DE QUANTIFICATION

La réalisation d'une méthode de quantification des déchets post inondation doit s'appuyer sur les besoins des gestionnaires du territoire et des gestionnaires des déchets. Pour pouvoir cerner ces besoins, six acteurs techniques issus de structures de gestion variées (commune, structures intercommunales, Conseil général, Conseil régional, association regroupant des acteurs de la gestion des déchets) ont été interrogés dans le cadre d'entretiens semi-directifs. Les quelques lignes suivantes en présentent les résultats. Ces résultats permettront, dans un second temps, de mesurer l'écart entre les attentes des gestionnaires du territoire français et les résultats des méthodes existantes et ainsi la possibilité ou non d'utiliser ces méthodes, avec les précautions d'usage que nous avons signalées au-dessus.

UNE VOLONTE DE PLANIFICATION DE LA GESTION DES DECHETS POST INONDATION

Les interlocuteurs rencontrés considèrent la gestion des déchets post inondation comme étant un problème réel, qu'ils y aient déjà été confrontés ou non. Il est cependant souvent fait remarquer que c'est une problématique peu connue et non prioritaire à l'échelle de leur collectivité, notamment au niveau politique. La question de la quantification des déchets post inondation les intéresse néanmoins quelque soit leur compétence en matière de gestion des déchets. En effet, ils voient dans cet outil deux usages possibles : (1) la possibilité d'obtenir les informations nécessaires pour anticiper et planifier la gestion des déchets en période de post crise, et ainsi de répondre à certaines de leurs obligations réglementaires, compléter leur dispositif de gestion de crise et de diminuer la vulnérabilité de leur territoire face au risque inondation ; (2) la possibilité de mobiliser, à l'aide des informations produites, leurs élus autour de cette thématique. En l'absence de ces données, il est généralement difficile de percevoir son importance. La question des déchets post inondation peut alors apparaître comme abstraite aux élus. En outre, anticiper la gestion des déchets post inondation nécessite des données permettant également de déterminer les moyens matériels et humains nécessaires, ainsi que le temps de mobilisation, de dimensionner les zones de stockage, de contacter les entreprises prestataires de traitement qui pourraient être sollicitées en fonction des types de déchets à gérer, etc. Enfin, les gestionnaires ont exprimé leur intérêt pour une méthode qui s'adapte à la zone, à la taille de leur territoire de travail. Il peut s'agir d'une entité administrative comme une région, un département, une commune ou un regroupement intercommunal, ou d'un territoire physique, comme un tronçon de bassin versant déterminé en fonction de sa cohérence hydraulique au regard du fonctionnement et de l'impact des inondations.

Pour permettre cela, la qualification des déchets quantifiés apparaît nécessaire. Si dans l'absolu les gestionnaires sont intéressés pour que l'outil prenne en compte un maximum de catégories de déchets, ils s'accordent sur le fait que, pragmatiquement, deux facteurs limitant sont à considérer dans le choix de ces déchets : la possibilité de trier les déchets et les exutoires dans lesquels ces déchets seront envoyés. En ce qui concerne le tri, les gestionnaires sont sensibles au fait que, au moment de la gestion de crise, tous les déchets ne peuvent raisonnablement être triés. Ainsi, il paraît difficile de mettre en place des procédures de tri des piles, du verre ou des médicaments qui pourtant bénéficient chacun d'une filière de gestion spécifique. L'existence de filières de gestion, d'un dispositif de « Responsabilité élargie du producteur⁸ » ou, du moins, de techniques de traitement constituent un autre facteur de choix des gisements de déchets à quantifier. Pour certains gestionnaires, il n'est en effet pas nécessaire d'avoir plus de détail que ce que les opérationnels pourront réellement gérer en

⁸ La responsabilité élargie du producteur consiste en la prise en charge par les fabricants nationaux, les importateurs et les distributeurs de produits spécifiques, de la collecte puis du recyclage ou du traitement des déchets issus de ces produits. Pour cela, ils peuvent se réunir dans le cadre d'un éco-organisme. Dans ce cas, ils adhèrent à une société souvent agréée par les pouvoirs publics, à laquelle ils versent une contribution financière.

fonctionnant en mode dégradé⁹. D'autres critères de choix des déchets ont également été cités. Ainsi, les risques générés par les déchets et donc l'urgence de leurs collecte et traitement apparaissent, pour certains, comme une question à prendre en compte. Les déchets mous, mousses et textiles, une fois gorgés d'eau sont le substrat du développement de moisissures potentiellement dangereuses pour la santé des populations. Ils demandent donc une collecte et un traitement rapide afin d'éviter d'accroître les risques sanitaires. Bien qu'une fois mouillés ils ne disposent plus de filières de gestion spécifiques et sont envoyés directement en enfouissement, une quantification de ces déchets apparaît cependant nécessaire. A l'inverse les déchets qui, comme les déchets verts, seraient produits en quantités peu importantes ne nécessitent pas forcément d'être pris en compte.

Tableau 4. Types de déchets nécessitant d'être quantifiés selon les personnes interrogées
Table 4. Cited types of waste requiring quantification

Types de déchets	Syndicat mixte départemental	Agglomération	Conseil Régional	Conseil Général	Total
Déchets dangereux (DD)	x	x	x	x	4
Véhicule hors d'usage (VHU)		x	x	x	3
Déchets ménagers (dont déchets putrescibles) (DM)	x	x		x	3
Déchets des équipements électriques et électroniques (DEEE)	x	x	x		3
Déchets mous		x			1
Cadavres d'animaux		x			1
Déchets de soins				x	1
Déchets de la construction		x			1
Bois	x				1
Ferraille	x				1

De prime abord, et idéalement, les acteurs souhaiteraient que tous les déchets soient quantifiés afin de leur laisser le plus de choix possible dans l'organisation de la gestion en période de crise. Puis, plus prosaïquement, ils recensent les déchets cités dans le tableau ci-dessus (Tableau 4, p.7). Seules les réponses des gestionnaires ayant cité d'eux même des catégories de déchets sont prises en compte, soit 4 sur 6. Il est intéressant de noter que les déchets le plus souvent cités sont ceux qui présentent les risques sanitaires et environnementaux les plus importants (déchets dangereux, VHU, déchets putrescibles et les DEEE). Ce sont également, à l'exception des déchets putrescibles, des déchets pour lesquels des filières de gestion à travers une responsabilité élargie du producteur existent (VHU et DEEE) ou sont en préparation (déchets dangereux). En outre, il apparaît que les déchets de la construction intéressent peu les personnes interrogées alors que, dans les méthodes étrangères, ils bénéficient d'une large couverture. Cela peut s'expliquer, d'une part, par le fait que les acteurs interrogés ne sont, pour leur majorité, pas compétents sur ces déchets, et d'autre part, par le fait que la gestion de ces déchets ne s'inscrit pas dans l'urgence. En effet, les déchets du bâtiment, sont généralement la dernière catégorie à être prise en compte en tant que flux. Cela peut s'expliquer par le fait que, d'une part, les travaux de démolition et reconstruction du bâti interviennent généralement qu'après l'enlèvement de tous les autres déchets du fait d'un problème d'accessibilité (Robin Des Bois, 2010), et d'autre part, leur gestion apparaît moins urgente que d'autres déchets pouvant générer des risques sanitaires et environnementaux (déchets en grande partie inertes, donc non dégradables, relativement stables).

Pour dimensionner les moyens de collecte, les exutoires et les filières de traitement ainsi que pour mesurer leur fonctionnement, l'unité habituellement utilisée par les gestionnaires de déchets est la tonne. Cependant, pour gérer la crise et déterminer les surfaces nécessaires au stockage temporaire, des données exprimées en volume seraient nécessaires. Il semble donc important pour permettre une bonne compréhension de chacun et s'assurer de la praticité des données produites par la méthode, de fournir les données à la fois en volume et en poids. Par ailleurs, à l'exception d'un gestionnaire, la précision des données n'apparaît pas comme une absolue nécessité. Les acteurs interrogés déclarent en

⁹ Suite à une inondation, une partie du personnel ne pourra peut-être pas se rendre sur son lieu de travail, l'outil et les moyens de travail peuvent être indisponibles pendant parfois plusieurs mois (déplacements, communication, électricité, eau, assainissement, fournisseurs, etc.).

effet qu'avoir des données quantifiées sur le gisement potentiel de déchets post inondation est déjà une telle avancée qu'un ordre de grandeur serait suffisant.

Enfin, ces entretiens ont également mis en avant une autre préoccupation des acteurs concernant la temporalité et la spatialisation de la production de déchets par l'inondation. A travers l'ajout de ces deux notions, les gestionnaires cherchent à répondre à deux questions : « Par où vais-je commencer à collecter ? » et « Quelle va être la variation au cours du temps et dans l'espace de la nature des déchets ? ». La première question fait appel à la notion de « temps-espace » et permettra de déterminer un plan de collecte. La seconde question fait appel aux notions de « temps-nature des déchets » et d'« espace-nature des déchets » dont la prise en compte doit permettre de prévoir l'évolution dans le temps et dans l'espace des besoins en terme de moyens à mettre en œuvre (engins de ramassage et de transport des déchets par exemple), d'espaces de stockage spécifique (pour les DEEE ou les déchets dangereux par exemple) et de filières de traitement à mobiliser en fonction de la progression de la collecte et de la « libération » du territoire.

A travers ces entretiens, les gestionnaires de déchets montrent une forte attente en matière de quantification des déchets et surtout, de qualification. Cette précision du type de déchets apparaît comme essentielle car c'est elle qui permettra de réellement anticiper la gestion de la crise. En effet, une estimation globale est davantage perçue comme un outil de communication et de mobilisation des élus. Mais elle n'apparaît pas comme suffisante pour mettre en place une stratégie préventive de gestion des déchets. Or, c'est ce qu'attendent les gestionnaires. L'autre apport conséquent de ces entretiens est la question de la temporalité et de la spatialisation des déchets. Elles montrent une volonté des gestionnaires d'anticiper le plus possible la gestion de la crise.

EN QUOI CES ATTENTES NECESSITENT DE REALISER UNE NOUVELLE METHODE ?

Au vu de ces résultats, il apparaît que les méthodes existantes ne répondent pas complètement aux attentes des gestionnaires du territoire et des déchets. Si avoir une quantification globale sans caractérisation leur semble intéressant (pour sensibiliser à la problématique notamment), cela ne leur apparaît pas suffisant pour réaliser une planification pertinente. Or, comme nous l'avons montré précédemment, les méthodes existantes ne présentent en général pas de catégorisation des déchets ou, lorsqu'elles le font, les catégories choisies (déchets de la construction ou mobile home par exemple) ne correspondent pas aux critères et aux besoins des gestionnaires du territoire et des déchets français. En outre, aucune des méthodes analysées ne propose de données sur la temporalité de la crise et les flux de déchets. Or, cette question apparaît comme stratégique dans une réflexion autour de l'anticipation et de la planification de la gestion des déchets post inondation. En faire l'impasse serait donc dommage. La réalisation d'une nouvelle méthode de quantification des déchets post catastrophe, centrée sur la question des inondations, et prenant en considération les exigences de qualification et de temporalité, se révèle donc nécessaire.

Il ne s'agit cependant pas de négliger les méthodes existantes sous prétexte qu'elles ne prennent pas en compte les questions de qualification, de temporalité ou de spatialisation et qu'elles ne sont pas complètement adaptées au territoire français (aléa et type d'occupation des sols). Il est en effet possible de s'inspirer de la philosophie des méthodes existantes, c'est-à-dire de la démarche mise en place (sur les données – sources, nature, précision -, sur la nature – probabiliste, déterministe-, etc.) et de leur relative simplicité.

LES ENJEUX D'UNE QUANTIFICATION PAR TYPE DE DECHETS POST INONDATION

Bien que bénéficiant des travaux existants, la construction d'une telle méthode ne sera pas simple. Au-delà de la quantification globale du volume de déchets générés sur un territoire à l'aide de quelques critères, il s'agit désormais de travailler sur différents types de déchets. Cette précision n'est pas sans conséquence car elle induit de prendre en compte l'ensemble des caractéristiques de chaque gisement. Ainsi, il est fort possible que la méthode utilisée pour quantifier les déchets mous sera probablement fort différente de celle développée pour les déchets de la construction, du fait de la nature du gisement, mais également des informations disponibles. En outre, le souci d'opérationnalité de la méthode exige

d'utiliser, autant que possible, des données déjà existantes, faciles d'utilisation et de compréhension. De ce fait, la construction d'une telle méthode soulève des enjeux méthodologiques prégnants relatifs notamment à la diversité des données disponibles.

DE L'HETEROGENEITE DES DONNEES A LEUR DISPONIBILITE

Les données sont un enjeu essentiel de la construction d'une méthode de quantification. Leur disponibilité, leur nature, leur qualité vont influencer fortement les résultats auxquels il sera possible d'arriver. Pour s'en rendre compte, appuyons nous sur les gisements qui ont été cités par les gestionnaires rencontrés lors des entretiens. Pour chacun de ces gisements, l'existence de méthodes de quantification a été précisée et les données disponibles ont été recensées (Tableau 5, p. 9). Ce tableau n'a pas vocation à être exhaustif, mais simplement à présenter la diversité des situations entre gisements, et ainsi à mettre en évidence les difficultés qui pourraient être rencontrées.

Tableau 5. Informations disponibles pour quelques catégories de déchets
Table 5. Available information for some categories of waste

Type de déchets	Méthode de quantification des déchets		Étude sur l'endommagement suite à une inondation ?	Données sur le gisement		
	Post catastrophe	Période normale		Source	Échelle	Précision
Déchets de la construction	(Tansel et al., 1994), (Fema, N.C.), (Office of Emergency Services California, 2005)	(Cochran et al., 2007), (Hsiao et al., 2002), Etc.	(Kelman et Spence, 2004), (Cepri, 2010), Etc.	Experts de la construction.	Bâtiment	Bonne
DD	Non	Oui (REP)	Non	Non		
VHU	Non	Oui (REP)	Non	Données statistiques sur l'équipement des ménages.	Ménage	Faible
DM	Non	Oui (MODECOM ¹⁰)	Non	Non		
DEEE	Non	Oui (REP)	Non	Enquête INSEE sur budget des familles.	Ménage	Faible
Déchets mous	Non	Oui en partie, (MODECOM)	Non	Enquête INSEE sur l'ameublement.	Ménage	Faible
Cadavres d'animaux	Non	Non	Non	Animaux de compagnie : enquête INSEE sur conditions de vie. Animaux domestiques : Recensement agricole.	Ménage Commune	Faible Faible
Déchets de soins	Non	Oui (REP)	Non	Non		
Déchets verts	(Umpierre et Margoles, 2005)	Non	(Kozlowski, 1984)	(Schneider et Le Bozec, 1995)	Commune	Faible

Pour quantifier les gisements, le choix a été fait de s'appuyer sur des données déjà existantes (enquêtes menées par l'INSEE, études, etc.) qui seront ensuite travaillées afin de construire un modèle ou une méthode permettant, en fonction d'un nombre d'enjeux en zone inondable (nombre d'habitants, de ménages, d'habitations, d'entreprises, etc.), d'estimer facilement les déchets potentiels.

Tous les gisements ne disposent pas d'informations suffisamment précises pour aboutir facilement à ce résultat. En effet, certains « objets » sont plus difficiles à quantifier car ils ne bénéficient pas d'un recensement de la consommation et/ou ne correspondent pas réellement à une catégorie de déchets préexistante. En outre, s'il existe des études concernant la production des déchets en période normale, ces quantités doivent être retravaillées. Une production annuelle de déchets verts, par exemple, ne correspond pas à la production liée à une inondation. Des choix devront donc probablement être faits parmi les déchets que nous souhaitons quantifier en fonction de la disponibilité des données et de la faisabilité d'une méthode.

Outre ces difficultés liées à la disponibilité des données, naviguer entre une variabilité d'échelle d'application et de précision peut être complexe. Si la précision est généralement faible, exceptée pour

¹⁰ La campagne MODECOM est une campagne de caractérisation des ordures ménagères lancée régulièrement par l'ADEME (l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie). Elle permet de déterminer les caractéristiques physiques et qualitatives des gisements de déchets et d'évaluer le gisement de matières recyclables, notamment par type d'habitat. Elle consiste en une analyse des poubelles d'un panel de ménages tiré au sort.

les déchets de la construction, les échelles d'application des données sur les gisements identifiés sont quant à elles variables (de la commune au ménage, en passant par le bâtiment). Cette hétérogénéité peut être également présente au sein même d'une catégorie de déchets (cadavres d'animaux). Sa prise en compte ne sera donc pas aisée.

PRENDRE EN COMPTE LA SPECIFICITE DES TERRITOIRES ET LES CARACTERISTIQUES DE L'ALEA

Comme cela a été montré précédemment, les méthodes de quantification sont en grande partie liées, d'une part au territoire et, d'autre part à l'aléa pour lequel elles ont été construites.

Ainsi, de manière simpliste, une méthode qui aurait été construite pour des territoires urbains ne prendra probablement pas en compte des déchets provenant des activités agricoles (cadavres d'animaux, déchets dangereux des exploitations agricoles, déchets verts, plastiques, etc.). Elle serait donc difficilement transposable sur un territoire ayant une occupation du sol à dominante agricole. D'autre part, les données nécessaires (et leur précision) ne seront pas les mêmes en fonction de l'échelle d'application de la méthode c'est-à-dire si elle est destinée à donner des quantités à l'échelle d'un quartier, d'une rue (comme cela est souhaité par certains gestionnaires) ou à l'échelle de la ville, ou plus largement d'un bassin versant. La question de la destination de la méthode en terme d'échelle et de type de territoire est donc tout à fait prégnante.

En outre, les déchets générés par un aléa peuvent être très variables en fonction de ses caractéristiques. Ainsi, il existe des fluctuations en terme de qualité et de quantité de la production de déchets en fonction des caractéristiques de l'inondation. (Tableau 6, p. 10).

Tableau 6. Influence des caractéristiques de l'inondation sur la production de déchets
Table 6. Influence of flood parameters on waste production

Caractéristiques	Influence potentielle sur la production de déchets	
	Qualité	Quantité
Hauteur d'eau		X
Durée	X	X
Vitesse		X
Délai d'alerte		X
Turbidité / salinité	X	X

Afin de rendre la méthode la plus opérationnelle possible, l'ensemble de ces caractéristiques doivent donc être prises en compte. Une inondation telle celle que les gestionnaires des déchets vendéens ont connue en février 2010 (eau salée, pas de délai d'alerte, vitesse importante, durée importante) ne produit pas les mêmes déchets qu'une crue de la Seine en Île-de-France (délai d'alerte de plusieurs jours, eau douce, vitesse relativement faible, durée importante). Il est donc essentiel que la méthode puisse faire varier, pour l'ensemble des gisements, ces caractéristiques de l'inondation, ce qui nécessitera probablement la détermination de seuils au cours de l'analyse et permettra de prendre en compte les principaux types d'inondation. Si pour certains déchets la tâche s'avère faisable (déchets de la construction), pour d'autres elle pourra être plus ardue.

DIVERSITE DES MODELES DE QUANTIFICATION DES DECHETS UTILISES.

Au vu des enjeux précédents, tous les déchets ne seront probablement pas quantifiés de la même manière (méthode, précision, fiabilité). Une des principales difficultés sera donc de faire face à cette diversité de méthodes. Par exemple, si le développement d'une méthode déterministe apparaît possible pour les déchets de la construction en raison de la précision des données qui semblent être disponibles et de l'existence de méthodes de quantification (Tableau 5 p. 9), cela semble plus compliqué pour les déchets ménagers. Ainsi, pour chaque catégorie de déchets qui aura été désignée comme nécessitant une quantification, il est fort possible qu'une méthode spécifique soit mise en œuvre. Dans ce contexte, le calcul d'une quantité globale de déchets post inondation doit être mené avec précaution. La précision des résultats obtenus pour chaque gisement, l'échelle de calcul ou même l'unité dans laquelle les quantités ont été calculées peuvent varier et rendre une agrégation délicate.

Une telle méthode a pour objectif une quantification par type, et non une quantification globale. Il est donc nécessaire de s'interroger sur la précision et la fiabilité que les gestionnaires peuvent en attendre. Allier opérationnalité, précision en terme de qualification du gisement et précision en termes de

résultats apparaît aujourd'hui difficilement réalisable. Certains gisements pourront en effet être quantifiés précisément, mais cela ne semble pas atteignable pour l'ensemble des gisements. Il est donc essentiel que les gestionnaires soient conscients des limites d'une méthode qu'ils souhaitent facilement utilisable.

Malgré ces difficultés, la réalisation d'une méthode de quantification et de qualification des déchets post inondation semble faisable. Pour cela, les types de déchets à quantifier, l'aléa et le territoire concernés devront être définis afin de borner le champ d'application de la méthode et de limiter les incohérences. Ces limites sont la condition pour la réalisation d'une méthode novatrice.

CONCLUSION

A l'heure où la gestion des déchets post inondation commence à intéresser les gestionnaires de déchets et du territoire, la question de la quantification de ces déchets est encore sans réponse. Contrairement à d'autres pays, il n'existe pas de méthode d'estimation du gisement reconnue en France. Or, les gestionnaires ont une réelle attente en la matière. Ils souhaitent disposer d'une méthode leur permettant d'obtenir les informations nécessaires pour anticiper et planifier la gestion des déchets en période de post crise, mais également de mobiliser, à l'aide des informations produites, leurs élus autour de cette thématique. Pour aboutir à ces objectifs, la seule quantification globale du gisement de déchets post inondation n'est pas suffisante. Des données plus détaillées en terme de gisements sont nécessaires. Or, au vu de l'analyse des méthodes existantes, un tel outil n'existe pas. Elles ne proposent en effet qu'une quantification globale, ou lorsqu'il y a une qualification, les seuls déchets concernés sont ceux de la construction. Il convient donc d'élaborer une nouvelle méthode répondant aux attentes des gestionnaires. Elle se construira sur la base de retours d'expérience et de dires d'experts ainsi qu'avec une implication, aux phases clefs, des gestionnaires du territoire et des gestionnaires des déchets.

Cette nouvelle méthode aura pour ambition de quantifier un certain nombre de gisements comme les déchets dangereux, les DEEE, les déchets ménagers, les VHU, les déchets de la construction, mais également d'apporter des pistes de réflexion en matière de temporalité et de spatialisation de la production des déchets post inondation. La réalisation d'une telle méthode n'est pas sans difficultés méthodologiques. Il s'agira notamment de faire face à une diversité des méthodes développées pour chaque type de gisement de déchets qui rendra probablement difficile une quantification globale par sommation. De ce fait, en plus d'une méthode détaillée, il apparaît nécessaire de mettre en place une méthode globale, peut-être moins précise, plus aisée d'utilisation ayant comme objectif, simple mais essentiel, la sensibilisation des élus et des gestionnaires à la question, à travers une quantification globale du gisement de déchets post inondation.

BIBLIOGRAPHIE

- Bonnemains J., 2009. Les déchets post catastrophe. Anticiper pour mieux gérer., *TSM*, n° 3, p. 60-69.
- Brown C., Milke M. et Seville E., 2011. Disaster management: A review article, *Waste management*, vol. 31, Iss. 6, p. 1085-1098.
- Cepri, 2010. *Le bâtiment face à l'inondation. Diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité.*, Orléans, CEPRI, 56 p.
- Chen J.-R., Tsai H.-Y., Hsu P.-C. et Shen C.-C., 2006. Estimation of waste generation from floods., *Waste management*, n°27, p. 1717-1724.
- City of New Orleans, 2008. *Disaster debris management plan*, City of New Orleans, p.
- Cochran K., Townsend T., Reinhart D. et Heck H., 2007. Estimation of regional building-related C&D debris generation and compostion: Case study for Florida, US, *Waste management*, n° 27, p. 921-931.
- Dubey B., Solo-Gabriele H. M. et Townsend T., 2007. Quantities of arsenic-treated wood in demolition debris generated by hurricane Katrina, *Environmental science & technology*, Vol. 41, n°5, p. 1533-1536.
- Durand-Dastès F., 1992. Les modèles en géographie, in A. Bailly, R. Ferras and D. Pumain *Encyclopédie de Géographie*, Paris, Economica, p. 311-327.

Fema, N.C. *Multi-hazard loss estimation methodology. Flood model. Hazus - MH MR5. Technical Manual.*, Washington, FEMA, 499 p.

Hassett W. L. et Handley D. M., 2006. Hurricane Katrina: Mississippi's Response, *Public works management policy*, Vol. 10, n° 4, p. 295-305.

Hirayama N., Shimaoka T. et Fujiwara T., 2010. *Establishment of disaster debris management based on quantitative estimation using natural hazard maps.*, *Waste management and the Environment V*, vol 140, 167-178.

Hsiao T. Y., Huang Y. T., Yu Y. H. et Wernick I. K., 2002. Modeling materials flow of waste concrete from construction and demolition wastes in Taiwan, *Resources policy*, n°28, p. 39-47.

Joannier J., 2011. Solder le coût des inondations et poursuivre l'investissement, *Var-Matin*, le 19 février 2011,

Kelman I. et Spence R., 2004. An overview of flood actions on buildings, *Engineering Geology*, 73, 3-4, p. 297-309.

Kozlowski T. T., 1984. *Flooding and plant growth*, Orlando, Academic Press, 356 p.

Liquet V., 2011. Les territoires face au risque inondation : la résilience n'est pas secondaire, *INTERCOMMunalités*, n°157, p. 20

Luther L., 2008. *Disaster debris removal after Hurricane Katrina: status and associated issues*, Washington, C. R. S. C. r. f. congress, 21 p.

Office of Emergency Services California, 2005. *Training manual. Debris management in disaster recovery.*, State of California, Rapport du Governor's Office of Emergency Services, 118 p.

Robin Des Bois, 2010. *Les déchets de la tempête Xynthia*, http://www.robindesbois.org/dossiers/XYNTHIA_Robin_des_Bois_30sept10.pdf, 110 p.

Schneider P. et Le Bozec A., 1995. *La production des déchets végétaux des espaces verts publics*, Anthony, CEMAGREF, 111 p.

Tansel B., Whelan M. et Barrera S., 1994. Building performance and structural waste generation by hurricane Andrew, *International journal for housing science and its application*, vol. 18, p. 69-77.

Umpierre D. et Margoles G., 2005. Broward county's web-based hurricane debris estimation tool (HurDET), <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc05/papers/pap2200.pdf>, 12 p.