

# Confiner la population en cas d'accident industriel avec effet toxique : de la doctrine à son application en zone urbaine

## Confinement of the population in case of toxic cloud: from the doctrine to its application in urban areas

Daudé Éric<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UMR 6266 IDEES, Normandie université, eric.daude@cnrs.fr

**RÉSUMÉ.** Cet article propose une analyse de la doctrine de confinement de la population en cas d'accident industriel avec effet toxique en France. L'accident à Bhopal (Inde, 1984) a conduit à l'une des pires catastrophes industrielles de l'histoire, avec près de 4000 victimes en seulement quelques heures suite à l'explosion d'une usine chimique et au rejet dans l'atmosphère d'un gaz mortel. De nombreux pays sont exposés au risque technologique, et la survenue d'une catastrophe s'accompagne en général d'évolutions de la réglementation au niveau national voire international : renforcement des études de danger et des dispositifs de sécurité du côté des industriels, dispositifs d'alerte et intégration de la vulnérabilité du côté de la gestion territoriale des enjeux. Mais la faible occurrence des accidents industriels majeurs à l'échelle d'un pays et la faible probabilité de leur répétition au sein d'un même territoire (à la différence des aléas naturels) constituent potentiellement un frein à ces évolutions. La faiblesse des ressources et des capacités des populations pour se protéger d'un accident industriel et de ses effets toxiques en sont une illustration.

L'objectif de cet article est de présenter comment sont définis les effets toxiques autour des sites industriels classés Seveso en France, et les conséquences de ces définitions sur l'aménagement du territoire, sur les normes de confinement et sur l'information à la population. Nous présentons à partir d'une étude de cas, l'accident industriel dans la métropole de Rouen Normandie le 26 septembre 2019, comment se sont comportées les personnes résidentes de la zone de confinement des 500 mètres autour du site et étudions quels dispositifs locaux pourraient être mis en place pour rendre la consigne de confinement applicable à l'échelle du territoire.

**ABSTRACT.** This paper studies the doctrine of population containment's in case of an industrial accident with toxic effects in France. The accident in Bhopal (India, 1984) led to one of the worst industrial disasters in history, with nearly 4000 victims in only a few hours following the explosion of a chemical plant and the release of a deadly gas into the atmosphere. Many countries are exposed to industrial accidents, and the occurrence of a catastrophic event is sometimes followed by changes in regulations and measures at the national or even international level: reinforcement of hazard studies and safety measures on the part of industrialists, warning measures and integration of vulnerability on the part of territorial management of issues. However, the low occurrence of major industrial accidents on a national scale and the low probability of their recurrence in the same territory (unlike natural hazards) are potentially a brake on these developments. The weakness of the resources and capacities of the populations to protect themselves from an industrial accident and its toxic effects are an illustration.

The objective of this paper is to present how toxic effects are defined around industrial plants classified as Seveso in France, and its consequences on land use planning, on containment standards and on information to the population. From a case study, the industrial accident in the metropolis of Rouen Normandie on September 26, 2019, we show how people living in the 500-meter containment zone around the site behaved and study which local devices could be put in place to make the containment instruction applicable to the whole territory.

**MOTS-CLÉS.** Confinement, accident industriel, nuage toxique, comportements des populations, diagnostique territorial.

**KEYWORDS.** Containment, industrial accident, toxic cloud, population behavior, territorial diagnosis.

### 1. Introduction

L'une des plus grandes catastrophes chimique de l'histoire a eu lieu à Bhopal, en Inde. Dans la nuit du 2 au 3 décembre 1984, une explosion détruit le réservoir d'une usine produisant de l'engrais, filiale de la firme américaine Union Carbide. Un nuage toxique recouvre rapidement le quartier qui jouxte l'usine et une partie du nord de la ville. Au matin du 3 décembre, près de 4000 victimes sont

dénombrées. La prise de conscience des risques industriels entraînée par cette catastrophe, et les suivantes, a eu d'importantes conséquences dans de nombreux pays. Cela a pu se traduire par le renforcement des études de danger et des dispositifs de sécurité du côté des industriels, ou la mise en place de systèmes d'alerte à la population et l'étude de la vulnérabilité des enjeux exposés du côté de la gestion territoriale des risques. D'importants verrous restent cependant encore à lever, les prises de conscience et la législation ayant tendance à progresser au rythme des catastrophes.

La faible fréquence des accidents industriels majeurs à l'échelle d'un pays et la faible probabilité de leurs répétitions dans un même territoire (à la différence des aléas naturels) sont en effet probablement un frein à la mise en œuvre des dispositifs disponibles et aux innovations pour protéger les populations des dangers potentiels des industries. La faiblesse des ressources et des capacités des populations pour se protéger des effets toxiques d'un accident industriel sont à ce titre éclairantes. Pour illustrer ces propos, prenons le plus récent des accidents industriels survenu en France.

L'incendie des sites Lubrizol et Normandie Logistique (LNL) dans la métropole Rouen Normandie le 26 septembre 2019 a généré un important panache de fumée. Celui-ci s'est propagé durant plus de 12 heures sur une trajectoire nord-est, traversant les régions Normandie et Hauts-de-France. Plus de 9 000 tonnes de produits stockés sur les sites LNL ont brûlé, la grande majorité de ces produits étant des additifs pour des huiles moteur, des lubrifiants industriels et des peintures. Le processus de combustion, en modifiant les structures chimiques des produits, a créé de nouveaux composés. Ce phénomène, en plus de la méconnaissance des produits stockés au moment de l'incendie, a compliqué les opérations de mesure de la qualité de l'air aux premières heures de l'incendie (Atmo Normandie, 2021). Survenu de nuit aux environs de 2h40, les conséquences directes de l'incendie sur la population se sont heureusement limitées à des gênes respiratoires occasionnelles, les effets sur la santé physique et mentale à plus long terme faisant l'objet de plusieurs études (ERS, 2021).

De nombreuses enquêtes, rapports et articles ont été produits suite à cet événement majeur qui reste rare dans l'histoire des accidents industriels en France. Il en ressort des recommandations dans des domaines aussi variés que la traçabilité des produits stockés sur les sites des ICPE (Marlair, Truchot, 2021), la modélisation et la mesure en temps réels des effets liés à leur combustion (Rouïl et al., 2021), la surveillance de la qualité de l'air (Cortinovis et al., 2021), l'amélioration des systèmes d'alerte à la population (Assemblée Nationale, 2020) ou encore la communication en temps de crise (Sénat, 2020). La culture du risque des populations a également été questionnée (MTE, 2021) au regard, notamment, de la faiblesse des connaissances des consignes en cas d'alerte (Fenet, Daudé, 2020) et de leur non-respect dans la métropole (Lebon et al., 2021).

Malgré l'ampleur de l'incendie et les incertitudes sur les produits en combustion, la gestion opérationnelle de la crise a bénéficié d'un avantage majeur, celui de l'heure de son déclenchement. L'incendie des sites LNL s'étant produit de nuit, les services opérationnels qui disposent de moyens pour mesurer un nombre limité de gaz, essentiellement ceux qui présentent une toxicité immédiate, ont en effet pu mesurer, dès les premières heures, l'absence de danger au sol. Ces mesures, confrontées aux conditions météorologiques et à ses évolutions, ont permis une prise de décision dans des conditions « à peu près sereine », c'est-à-dire sans avoir à gérer une population qui dans sa grande majorité était endormie à résidence, donc dans des conditions fidèles à la représentation de l'abri que se fait une partie des acteurs de la gestion de crise<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Les conditions d'exposition au panache de fumée et leurs effets sur les sans-abris et les gens du voyage, notamment à proximité des sites, et dont la définition du logement ne rentre pas directement en adéquation avec celle d'un abri en dur conseillé pour se mettre à l'abri ou se confiner, devraient être plus spécifiquement étudiées.

Au-delà des Retex, cet événement majeur nous amène cependant à réfléchir à un scénario alternatif et à ses conséquences potentielles : que se serait-il passé si l'incendie s'était produit en pleine journée ? Quelles auraient été les possibilités opérationnelles d'une gestion d'un effet toxique majeur sur la population ?

Il est en effet probable que si ce scénario se produisait, les autorités n'attendraient pas quelques heures, le temps que les analyses soient effectuées, avant de déclencher l'alerte demandant à la population de se mettre à l'abri et de suivre les consignes de confinement. Ce scénario est en effet celui qui définit le plan particulier d'intervention (PPI) de la zone de Rouen, et concerne de nombreux autres PPI en France. Il s'agit donc d'évaluer la capacité d'un territoire et des populations à éviter la situation suivante, décrite par le directeur des opérations le jour de l'incendie des sites LNL : « En tant que directeur, ma mission est de garantir à M. le préfet qu'il n'y aura pas de morts dans les rues, dans les quelques minutes qui viennent »<sup>2</sup>.

L'objectif de cet article est donc de mettre en évidence les enjeux et les verrous de la gestion de crise révélés par l'accident de LNL : est-il envisageable de mettre à l'abri, voire de confiner, des dizaines de milliers de personnes en quelques minutes en zone urbaine ? Comment les populations sont informées sur les comportements à suivre en cas d'alerte au nuage toxique ? Comment se sont comportées les populations autour des sites LNL le jour de l'incendie ? Comment estimer les besoins en termes de locaux de confinement à l'échelle d'un territoire ?

Pour répondre à ces différentes questions, nous présentons dans la section qui suit les plans de prévention et de protection prévus autour des sites industriels en France. La section 3 est consacrée à des aspects techniques sur les locaux de confinement. La section 4 propose une analyse comparée de vingt documents d'information à la population en faisant un focus sur l'information relative au confinement. La section 5 présente deux enquêtes réalisées à la suite de l'incendie des sites LNL, auprès de la population résidente de la zone de confinement des 500 mètres. La section 6 propose une méthodologie pour réaliser un diagnostic territorial des capacités de confinement des populations dans un territoire. Nous concluons dans la dernière section par des propositions relatives à l'information à la population en cas d'alerte au nuage toxique.

## **2. Quels dangers et quelles mesures de mitigation autour des sites industriels en France ?**

En France, toute exploitation industrielle ou agricole qui présente un danger pour la population ou l'environnement est potentiellement soumise à un régime d'autorisation ou d'enregistrement au registre des installations classées protection de l'environnement (ICPE).

### **2.1. ICPE et les établissements classés Seveso**

La France métropolitaine accueille à ce titre 44 172 ICPE en 2022, dont 1 223 sites relevant du statut Seveso<sup>3</sup>. Ces différents régimes obligent les exploitants et les territoires à des mesures de réduction des risques plus ou moins contraignantes inscrites dans le code de l'environnement. Un accident impliquant une ICPE peut en effet avoir des impacts directs sur l'environnement (pollution de l'air, du sol, de l'eau) et présenter des dangers pour les populations exposées. Ces sources de danger varient selon la nature des activités réalisées, les produits stockés et les types d'effets générés : surpressions, effets thermiques et effets toxiques.

---

<sup>2</sup> Audition (23 octobre 2019) du colonel J.-Y. Lagalle, directeur départemental du SDIS76, responsable des opérations lors de l'incendie des sites Lubrizol et Normandie Logistique le 29 septembre 2019 (Assemblée Nationale (2020)).

<sup>3</sup> <https://www.georisques.gouv.fr/risques/installations/donnees#/>

Parmi les ICPE, les établissements classés Seveso sont les plus sensibles car ils utilisent des substances qui peuvent être particulièrement dangereuses pour l'homme et l'environnement. Ils font ainsi l'objet d'une législation spécifique au titre des risques technologiques. La dimension européenne de cette législation permet des comparaisons, l'ensemble des États membres étant tous soumis à la directive Seveso III entrée en vigueur en 2015.

La France, en matière d'incidents et d'accidents impliquant des sites Seveso, y tient une position intermédiaire dans le classement général (UE, 2017). Depuis 2012, on y observe une dégradation de la situation relative aux événements survenus dans les établissements Seveso<sup>4</sup>. Le nombre d'accidents<sup>5</sup> a ainsi augmenté de près de 34 % entre 2012 et 2016 (61 accidents en moyenne par an) et 2017-2019 (81 accidents en moyenne par an). Entre ces deux périodes, le nombre d'accidents majeurs a cependant diminué de 35 % (5,6 contre 3,6 en moyenne par an). La plus importante progression vient des situations dégradées et des incidents, avec une augmentation de plus de 130 % entre les deux périodes (101 en moyenne entre 2012 et 2016 contre 233 en moyenne entre 2017 et 2019). Si l'interprétation de ces données doit être relativisée compte tenu du faible nombre d'occurrences, l'augmentation des incidents et accidents, selon le bureau d'analyse des risques et pollutions industriels (BARPI), permet cependant d'identifier des facteurs organisationnels récurrents à l'origine de ces événements : organisation des contrôles, choix des équipements et des procédés, manque de formation et de qualification des personnels et manque de prise en compte des retours d'expérience dans l'amélioration des procédés. Les territoires qui accueillent des ICPE, et notamment des sites Seveso, doivent donc tout mettre en œuvre, à minima suivre la réglementation, pour protéger les populations des risques industriels et tirer pleinement les conséquences des crises passées.

La réglementation territorialise en partie la gestion des risques industriels. Trois zonages emboîtés sont définis autour des ICPE et correspondent à des prérogatives et des obligations différentes, toutes définies selon les études de danger réalisées par l'industriel : le plan d'organisation interne (POI), le plan de prévention des risques technologiques (PPRT) et le plan particulier d'intervention (PPI). Un quatrième, le plan communal de sauvegarde (PCS), organise les opérations de sécurisation de la population en cas d'événement sur une commune. Ce dernier plan n'est pas spécifique aux installations classées puisqu'il doit organiser la réponse communale pour tout type de risque décrit dans le document d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM). Enfin le dispositif ORSEC (Organisation de la Réponse de Sécurité Civile) prend le relais pour organiser les opérations de secours lorsque le danger s'étend au-delà des limites d'une commune ou dépasse ses capacités de gestion.

## **2.2. Le Plan des Opérations Internes**

Le POI décrit les méthodes d'organisation de la sécurité et d'intervention de l'industriel en cas d'incident et d'accident à l'intérieur du périmètre du site classé. Il précise notamment les moyens pour détecter et traiter un événement dans le but d'assurer la protection du personnel, des biens et de l'environnement du site. Ce plan est déclenché par l'industriel dès la suspicion ou le constat d'un incident sur le site. La réalisation de ce POI nécessite en amont la réalisation d'études de danger relatives à l'exploitation et au stockage des produits sur le site. Dans le cas d'un accident

---

<sup>4</sup> <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/synthese/inventaire-des-incidents-et-accidents-technologiques-survenus-en-2019/>

<sup>5</sup> Le BARPI a mis en place une échelle de gravité des événements rapportés dans la base ARIA. Sont distingués les situations dégradées et les incidents, qui auraient pu provoquer des préjudices à la population ou à l'environnement dans des circonstances différentes, des accidents et accidents majeurs qui ont eu effectivement des effets (rejet de substances dangereuses, conséquences humaines, environnementales et/ou économiques). La catégorie « accident majeur » n'est applicable qu'aux établissements Seveso.

provoquant un nuage toxique, ces effets sont de trois ordres : létaux, irréversibles et réversibles. En associant la concentration du produit et la durée d'exposition, des seuils de toxicité aiguë sont ainsi définis (Tableau 1).

Seuils de toxicité aiguë	Description
Seuil de perception (SP)	Détection sensorielle de la pollution chimique par la population exposée
Seuils des effets réversibles (SER)	Effets réversibles observables sur la population exposée
Seuils des effets irréversibles (SEI)	Effets irréversibles observables sur la population exposée
Seuil des premiers effets létaux (SPEL)	Correspond à un danger grave pour la population : mortalité de 1 % de la population exposée
Seuil des effets létaux significatifs (SELS)	Correspond à un danger grave pour la population : mortalité de 5 % de la population exposée

**Tableau 1.** *Seuils de toxicité aiguë dans le cas d'un accident industriel avec effet toxique*  
(Source : CERTU, 2013)

Ces seuils sont déterminés en fonction de la concentration du polluant émis dans l'atmosphère<sup>6</sup> et d'une durée d'exposition donnée pour la population : 1, 10, 20, 30, 60, 120, 240 et 480 minutes (Tissot et al., 2004, 2006 ; Lecoq et al., 2009). La connaissance de ces seuils permet de caractériser les différentes zones des effets à l'intérieur et à l'extérieur du site. Les seuils des effets létaux (SEL) et les seuils des effets irréversibles (SEI) servent de référence pour la délimitation des zones d'effets d'une émission accidentelle de substances dangereuses dans les études de danger des installations classées. Les seuils des effets réversibles et les seuils de perception (SP) sont quant à eux utilisés pour des actions d'alerte ou de secours (Tissot et al., 2006).

La dispersion du polluant dans l'atmosphère est également essentielle à étudier car elle conditionne le temps d'arrivée du nuage toxique sur un secteur, et donc les délais qui permettraient aux personnes potentiellement exposées pour se confiner. Dans la pratique, au-delà de quelques centaines de mètres du lieu de l'accident, le mécanisme principal de propagation du nuage est le vent. Même avec un vent relativement modéré, il ne faut que quelques minutes à un polluant pour parcourir plusieurs kilomètres (Tableau 2). Ces délais théoriques sont donc très courts et ne laissent pas la place à de long temps de préparation et de réflexion durant la crise : rapidité de l'alerte, pertinence des messages envoyés, pré-identification des zones de confinement, temps d'accès réalistes, suivi des consignes par les populations sont autant de facteurs clés pour limiter les risques de catastrophe.

<sup>6</sup> Seuils connus pour les polluants suivants : acide chlorhydrique, acide cyanhydrique, acide fluorhydrique, acide sulfurique, acrylonitrile, ammoniac, chlore, chlorure de vinyle, dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, formaldéhyde, hydrazine, hydrogène sulfuré, MDI, méthylamine, monoxyde d'azote, phosgène, styrène, TDI, trifluorure de bore, trioxyde de soufre.



Distance du confinement depuis le point de rejet	Temps d'arrivée du nuage dangereux au confinement
500 mètres	≈ 3 minutes
1500 mètres	≈ 8 minutes
3000 mètres	≈ 17 minutes
6000 mètres	≈ 33 minutes
8000 mètres	≈ 45 minutes

**Tableau 2.** Temps d'arrivée d'un nuage dangereux à une zone distante de  $n$  mètres de la zone de rejet et pour un vent de 3 m/s (Source : CERTU, 2013)

Les études de danger réalisées sous la responsabilité des industriels servent donc à délimiter, autour des sites, les différentes zones et actions à réaliser en fonction de l'importance du danger.

### 2.3. Le Plan de Prévention des Risques Technologiques

Pour les sites industriels à haut risque, ces éléments s'intègrent dans le PPRT, servitude d'utilité publique annexée au plan local d'urbanisme et mis en place après l'accident d'AZF à Toulouse le 21 septembre 2001. Élaboré par les services de l'État en charge de la planification dans chaque département, le PPRT est le principal outil de maîtrise de l'urbanisation autour des sites industriels Seveso seuil haut (MEDAD, 2007). Prenant appui sur les études de danger, la délimitation de ces périmètres repose sur une approche probabiliste. Celle-ci ne retient pas les phénomènes dangereux dont la probabilité de réalisation est extrêmement faible et pour lesquels l'industriel a mis en place des mesures et des barrières techniques de sécurité spécifiques. Les zonages PPRT ont pour fonction de répondre aux objectifs suivants : réglementer les nouvelles constructions, prescrire et recommander des mesures afin d'assurer la protection de la population face au risque (CERTU, 2013). La construction ou l'aménagement d'un local de confinement fait partie des mesures pouvant être imposées ou recommandées aux résidents d'une zone PPRT. Malgré cette réglementation, et plus de 20 ans après la mise en place des PPRT en France, moins de 10 % des logements qui nécessiteraient des travaux de protection contre les risques industriels les ont mis en œuvre<sup>7</sup>.

### 2.4. Le Plan Particulier d'Intervention

Les conséquences d'un accident dans un site classé Seveso seuil haut peuvent dépasser les capacités de gestion de l'industriel et s'étendre au-delà du périmètre du site. Dans ce cas, le PPI est déclenché. Celui-ci, élaboré par les services de l'État (Préfet, DREAL, sécurité civile), a deux fonctions essentielles. En temps ordinaire, il est un document cadre qui décrit les mesures d'information et de prévention des populations exposées. En cas d'accident et de déclenchement par le préfet, il décrit les moyens à mettre en œuvre pour assurer la protection des populations et de l'environnement. Le périmètre du PPI correspond à l'enveloppe maximale englobante de tous les types d'effets et de la situation la plus défavorable envisagée dans les études de danger de l'industriel. On parle ici d'une approche déterministe, tous les scénarios envisagés dans les études

<sup>7</sup> <https://www.banquedesterritoires.fr/prevention-et-gestion-des-risques-industriels-20-ans-apres-azf-il-reste-beaucoup-faire-estime>

de danger doivent trouver une solution en termes de gestion de crise. Le périmètre d'un PPI est donc en général plus étendu que celui du PPRT. Il peut exister des tensions entre d'un côté l'évaluation du périmètre de la zone de danger autour des sites qui implique de fortes restrictions sur le foncier et de l'autre l'évaluation des périmètres des zones des effets potentiels qui implique de mettre en œuvre des politiques de gestion des risques et de crise dans un large territoire.

## **2.5. Le Plan Communal de Sauvegarde**

Le PCS est un document qui permet au maire, responsable de la sécurité des personnes et de la préservation des biens présents sur sa commune, de planifier les actions des différents acteurs de la commune en cas d'évènement majeur (DDSC, 2005). Alors que le PPI est un plan de gestion stratégique et tactique de la crise déclenché par le préfet et élaboré par ses services, le PCS en est le volet opérationnel au niveau communal. Il revient donc aux maires dont les communes sont inscrites dans le périmètre d'un PPI de s'assurer que les consignes générales en matière de sécurité décrites dans le PPI de zone soient compatibles avec les spécificités locales de leurs communes. Parmi celles-ci, la consigne de confinement en cas de risque d'exposition à un nuage toxique est intéressante à étudier car elle peut être révélatrice d'un manque de coordination entre les services de l'État et les autorités locales.

Si la consigne globale diffusée à la population par les pouvoirs publics est de se confiner en cas d'alerte, il est en effet essentiel d'évaluer si cette consigne est réalisable localement. Et tout d'abord de bien définir ce que sont un local et une mesure de confinement.

## **3. Se confiner pour se protéger d'un effet toxique : de quoi parle-t-on ?**

En termes de confinement, deux catégories de mesures sont envisageables. La première, appelée mesure structurelle, consiste à créer ou à modifier la structure d'un bâtiment ou d'un local pour assurer son étanchéité à l'air extérieur. La seconde, appelée mesure non structurelle, consiste à assurer au mieux l'étanchéité provisoire d'un local non prévu à cet effet et avec des moyens limités.

### **3.1. Mesures structurelles : le local de confinement**

Un local de confinement est une pièce perméable tout ou partie à l'air dans laquelle des personnes peuvent se réfugier et attendre, dans l'atmosphère respirable du local, la fin de l'alerte en cas de passage d'un nuage toxique. Ces locaux sont particulièrement adaptés aux sites Seveso avec risque d'effet toxique ainsi qu'aux habitations incluses dans le périmètre d'un PPRT. La réalisation d'un local de confinement pour se protéger d'un risque toxique s'organise en quatre grandes étapes (Guyot et al., 2008). Ces étapes peuvent être développées pour des bâtiments individuels ou collectifs à usage résidentiel.

La première étape consiste en un travail de contextualisation. La présence d'un local de confinement dans un bâtiment peut être prescrite ou recommandé dans un PPRT, et les conditions de sa réalisation doivent être bien définies. Le manque d'étanchéité du bâti ou l'insuffisance d'espace dans la pièce refuge, l'impossibilité de confiner les personnes avant l'arrivée du nuage ou de respecter la durée totale de confinement, fixée à 2 heures, seront des éléments de nature à disqualifier un bâtiment ou un local cible.

La seconde étape consiste à évaluer dans un bâtiment les locaux qui peuvent servir de zone de confinement. Concernant les dimensions de la pièce, la recommandation est de  $1,5 \text{ m}^2$  par personne (au minimum  $1 \text{ m}^2$ ) et un volume recommandé de  $3,6 \text{ m}^3$  (au minimum  $2,5 \text{ m}^3$ ). Les cheminements intérieurs doivent ensuite permettre aux individus d'atteindre le local refuge sans être en contact avec le nuage toxique. Le bâtiment pourra éventuellement jouer le rôle de « tampon » face au nuage, le choix du local se portera alors idéalement au milieu du bâtiment, des couloirs par exemple, afin d'éviter toute exposition directe à la source de danger. L'étanchéité de chaque pièce du local sera

mesurée en insistant sur quatre grands axes : les menuiseries, les liaisons façades et planchers, les équipements électriques, les trappes et les éléments traversant de parois. Enfin les entrées d'air tels que les systèmes de chauffage, de ventilation ou de climatisation devront être maîtrisables afin d'éviter les infiltrations. D'autres éléments présents peuvent être pris en compte dans le diagnostic, comme la présence d'un sas d'entrée et de sanitaires.

La troisième étape consiste à réduire la vulnérabilité du local de confinement. On calcule pour cela le taux d'atténuation cible (TAC) qui permet de déterminer sa perméabilité à l'air. Le TAC se calcule pour chaque produit toxique et s'obtient en divisant la concentration correspondant au seuil des effets irréversibles (SEI) à ne pas dépasser dans le local sur la concentration du produit dans le nuage à l'extérieur pendant une heure, temps conventionnel (CERTU, 2013). Pour réaliser ce calcul sur un bâtiment individuel ou collectif à usage familial, la méthode utilisée est dite simplifiée grâce à l'utilisation d'abaques. Ces derniers prennent en compte trois paramètres : le type de bâtiment (individuel ou collectif), l'exposition du local par rapport à la source de danger (distance, existence d'autres bâtiments intermédiaires) et les conditions atmosphériques. Pour les autres types de bâtiments, une étude spécifique est nécessaire.

La quatrième étape vise enfin à réduire l'étanchéité à l'air du local en travaillant sur les axes cités précédemment et à réduire la vulnérabilité de l'enveloppe du bâtiment, il s'agit donc de mesures structurelles pour le confinement.

Le diagnostic concernant la création d'un local de confinement pour un bâtiment à usage non résidentiel va légèrement différer. En effet, concernant la taille du local de confinement, celui-ci doit prendre en compte toutes les personnes potentiellement présentes sur le site, le personnel et le public, selon les mêmes recommandations de taille et de volume par personne citées précédemment. Si le nombre de personnes à confiner est important et que le bâtiment s'organise sur plusieurs étages, il peut être nécessaire de considérer pour chaque étage la possibilité d'aménager un ou plusieurs locaux. Dans le cas de plusieurs bâtiments sur un même site, la présence d'au moins un local par bâtiment permet d'éviter de trop importants mouvements de foule et l'exposition des personnes au nuage. La présence d'un sas d'entrée peut ralentir le temps de pénétration d'un polluant mais sa taille ne doit pas être sous-dimensionnée par rapport au nombre de personnes à confiner dans le local. Le sas d'entrée du bâtiment sera idéalement différent du sas d'entrée du local de confinement.

Comme nous l'avons vu, les locaux de confinement ayant fait l'objet de mesures structurelles sont rares en France, cela concerne par exemple moins de 10 % des logements exposés au risque industriel et soumis à un PPRT<sup>8</sup>.

### **3.2. Mesures non structurelles : le rouleau adhésif**

Prévoir le confinement de la population dans les plans (ORSEC, PCS) et diffuser la consigne lors d'une alerte implique en amont de s'assurer que la zone de danger dispose de locaux de mise à l'abri. Cela implique également que tout individu ait les moyens d'organiser un local de confinement qui réponde au plus près aux contraintes d'étanchéité à l'air extérieur. Ces mesures mises en place pour limiter l'entrée d'air dans un local avec des moyens limités sont des mesures dites non structurelles. Elles sont réalisées par les personnes pendant la crise et sont donc d'autant plus importantes si le local n'a pas été modifié par des mesures structurelles.

En cas d'alerte et en l'absence de lieu de confinement identifié comme tel, il faut se rendre rapidement dans un bâtiment, si possible ne disposant pas de baies vitrées qui risqueraient de se

---

<sup>8</sup> <https://www.banquedesterritoires.fr/prevention-et-gestion-des-risques-industriels-20-ans-apres-azf-il-reste-beaucoup-faire-estime>

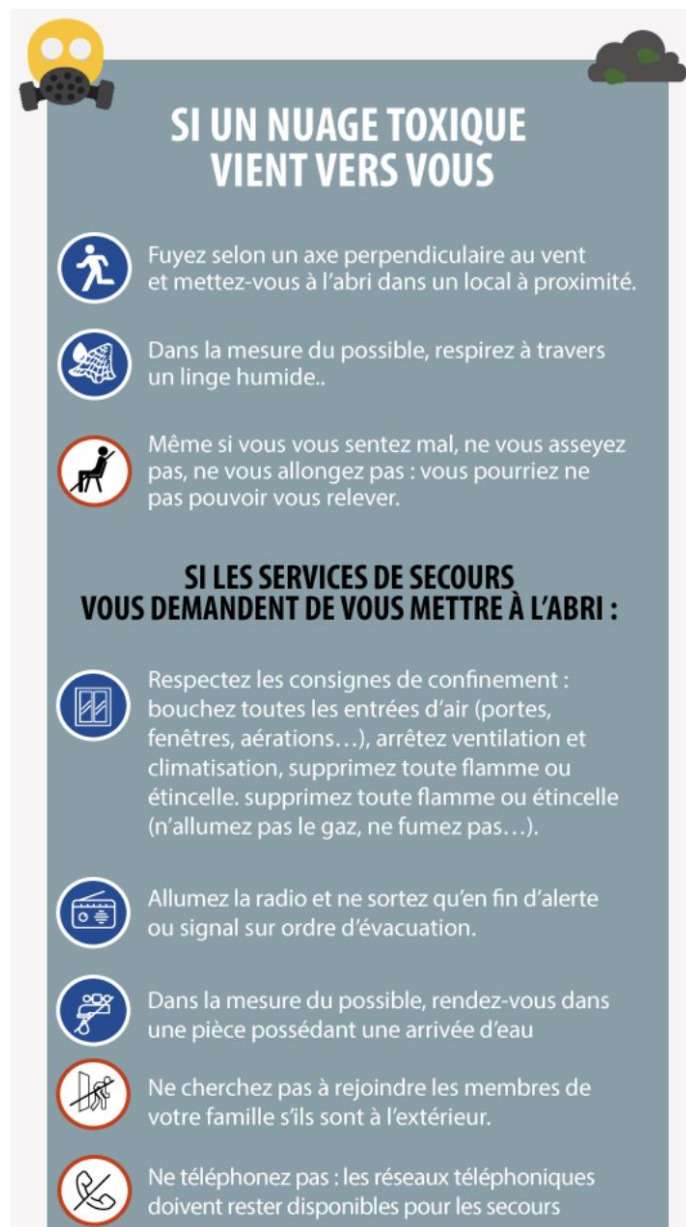


briser en cas d'explosion. Une fois à l'intérieur, il faut rechercher une pièce, si possible sans fenêtre, et s'enfermer. Il faut alors s'assurer qu'aucune entrée d'air ne puisse se faire. Cela nécessite d'avoir à sa disposition de l'adhésif, ou tout autre matériel, pour colmater les portes et les fenêtres, et éteindre ou colmater les systèmes de ventilation, de climatisation et de chauffage présents dans la pièce. En cas d'alerte, l'application des mesures non structurelles dépend donc non seulement de l'information donnée au public mais également de la préparation des lieux et des personnels susceptibles de les accueillir.

#### **4. Les consignes à la population en cas d'accident avec effet toxique**

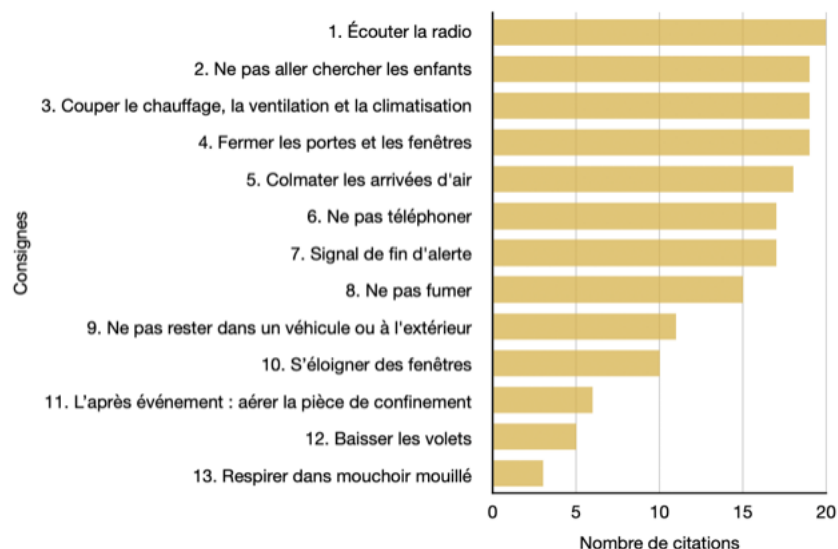
Selon que la personne se situe à l'intérieur du site industriel, dans la zone PPRT, dans une commune incluse dans le zonage du PPI ou à l'extérieur de toutes ces zones, les consignes peuvent différer en cas d'accident industriel avec risque toxique. Et ces consignes doivent être adaptées aux différents types de mobilité au moment de l'alerte, selon que la personne se déplace à pied ou en voiture par exemple, et de l'activité de la personne et de ses proches au moment de l'alerte : ne pas aller chercher ses enfants à l'école est une des consignes importante dans ce contexte.

Si les normes relatives à l'aménagement d'un local de confinement sont extrêmement précises, que ce soit à l'intérieur d'un bâtiment résidentiel ou d'un établissement recevant du public, nous avons voulu évaluer la précision des consignes données à la population dans différents territoires en cas de danger au nuage toxique et voir dans quelles mesures celles-ci étaient génériques. Il est en effet attendu que face à un risque impliquant un nuage toxique, les consignes diffusées à l'échelle des PPI soient similaires, voire identiques à celles données au niveau national pour ne pas prêter à confusion. Les consignes de l'État précisent ainsi comment se déplacer par rapport à la progression du nuage et indiquent les gestes à accomplir si les services de secours demandent une mise à l'abri (Figure 1).



**Figure 1.** Les consignes nationales en cas d'accident industriel et de nuage toxique (source : <https://www.gouvernement.fr/risques/accident-industriel>)

En comparaison avec ces consignes nationales de référence, nous avons collecté et analysé les plaquettes d'informations des 20 villes françaises qui accueillent le plus grand nombre de sites Seveso en France (Lassalle, 2021). Sur ces 20 documents, des DICRIM pour l'essentiel, une sélection des consignes directement liées au risque d'effet toxique nous a permis de repérer 13 consignes distinctes (Figure 2). Nous avons isolé à dessein les consignes relatives à l'action de se mettre à l'abri ou de se confiner.

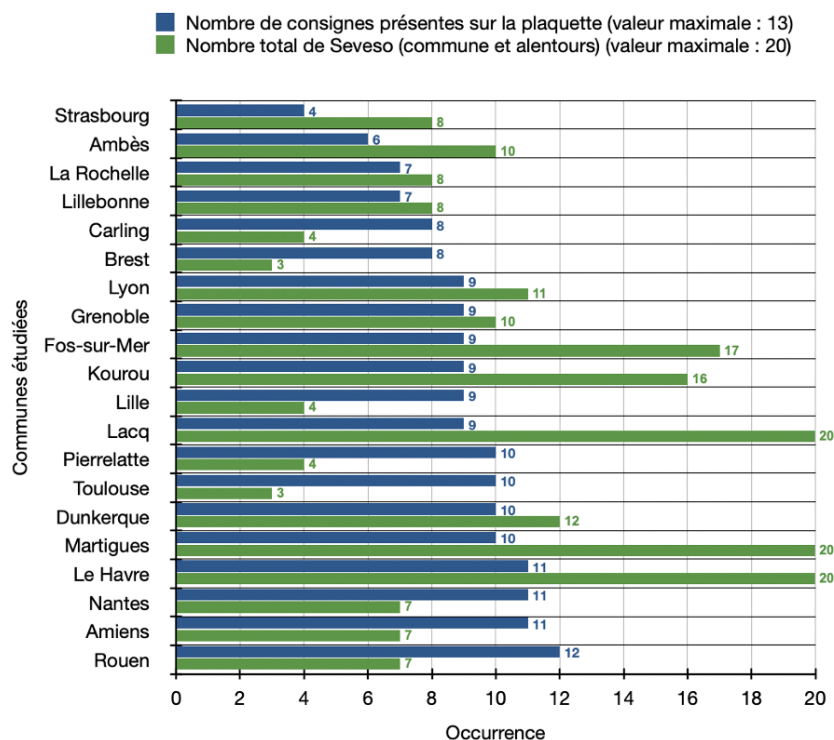


**Figure 2.** Une variété de consignes de sécurité mentionnées dans 20 plaquettes d'information sur les comportements réflexes à suivre en cas de risque d'exposition à un nuage toxique.

Une seule consigne se retrouve dans toutes les plaquettes et est formulé de façon générique : écouter la radio. Alors que la recherche d'informations est l'une des actions qui occupe les premiers instants vécus de la crise par un individu (Fenet, Daudé, 2019) et que l'accident de LNL a révélé l'importance des réseaux sociaux comme vecteurs principaux d'informations durant la crise (Lebon et al., 2021), aucune des plaquettes ne mentionne la possibilité de trouver des informations sur les sites officiels, de la préfecture ou du SDIS par exemple. Une autre consigne générique à plusieurs types de risques renvoie à la recommandation de « ne pas aller chercher les enfants à l'école ». Viennent ensuite des consignes plus spécifiques au risque d'effet toxique, telles que couper les arrivées d'air, fermer les portes et les fenêtres ou colmater les arrivées d'air, alors que des consignes spécifiques importantes sont moins représentées, à l'image de s'éloigner des fenêtres, de baisser les volets ou de respirer dans un mouchoir mouillé en cas d'irritation.

Une consigne qui présente un enjeu majeur en termes d'exposition des personnes et en termes de gestion de crise est celle qui s'adresse aux automobilistes. Présente dans seulement une plaquette sur deux, et absente des consignes fournies par l'État, elle précise « de ne pas rester dans un véhicule ou à l'extérieur ». La question de la sécurité à l'intérieur d'un véhicule en cas de nuage toxique n'est pas tranchée et peut laisser penser, lorsqu'elle n'est pas mentionnée, que l'évacuation de la zone de danger est envisagée ou laissée à l'appréciation des automobilistes. Il n'y a cependant pas en France, à notre connaissance, de métropoles soumises à un risque d'effet toxique et qui aurait mis en place un plan d'évacuation massive de sa population.

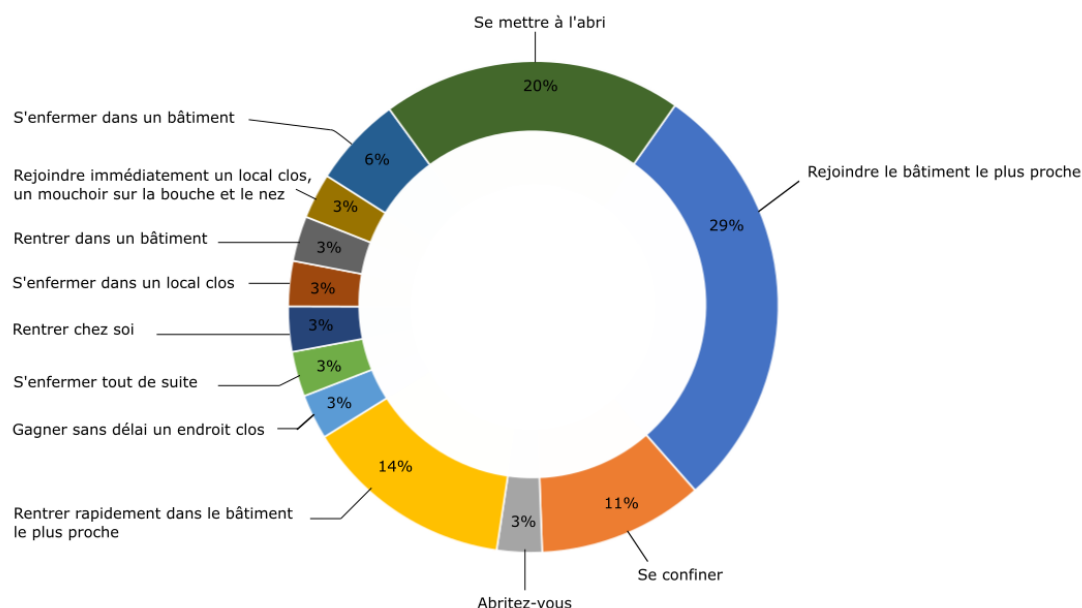
Si on note une très grande variabilité des détails donnés dans ces documents d'information, Il n'y a pas de relation entre le nombre de sites Seveso présents dans un territoire et le nombre de consignes mentionnées dans les documents d'information à la population (Figure 3).



**Figure 3.** Nombre de consignes données dans les plaquettes d'information et nombre de site Seveso dans les communes concernées.

Ainsi Rouen, avec 7 sites Seveso intégrés dans son PPI de zone, décline 12 consignes dans son DICRIM alors que Strasbourg, avec 8 sites Seveso, ne mentionne que 4 consignes de mise en sécurité en cas de nuage toxique. Cette diversité des consignes, tant dans les détails que dans les termes employés, a fait l'objet de travaux pour tendre vers des consignes génériques pouvant aboutir à un outil de communication unique pour le risque industriel en France (Ferrer, 2018).

Parmi l'ensemble des consignes présentes dans les documents, nous avons ensuite isolé celles décrivant l'action de se rendre d'une zone de danger vers une zone sécurisée. Sur les 20 plaquettes, 12 expressions différentes ont été relevées pour désigner cette consigne dans le cas d'un accident industriel avec un risque d'exposition à un nuage toxique (Figure 4).



**Figure 4.** Terminologie liée à l'action de se confiner.

Plusieurs constats peuvent être faits. Tout d'abord la qualification du bâtiment à rejoindre n'est mentionné que dans un peu plus de la moitié des plaquettes (55 %) et porte sur sa proximité (43 %), sa solidité (14 %) ou son apparente étanchéité (9 %). Ensuite l'utilisation de différentes expressions telles que « se confiner », « abritez-vous », « rentrer chez soi » ou « s'enfermer tout de suite » est problématique dans le cas d'un danger lié à un effet toxique. En effet si la première renvoie directement à un local de confinement, aux normes et aux comportements développés précédemment, les autres sont des procédures simplifiées qui renvoient aussi bien au risque cyclone qu'au risque intrusion. La consigne « rentrer chez soi » semble également peut appropriée pour les navetteurs ou les touristes présents dans les agglomérations. Pour normaliser les consignes de sécurité à suivre en cas de nuage toxique, nous proposons donc une plaquette qui reprend les principales consignes et les harmonise (Figure 5).



**Figure 5.** Plaquette de consignes de sécurité à suivre en cas de risque d'effet toxique : proposition pour le PPI de zone de Rouen.

Les zones urbaines qui accueillent des ICPE disposent donc de différents zonages de gestion des risques et des crises et développent des outils de prévention et de communication pour informer les populations sur les mesures à prendre en cas d'événement majeur. Or, même si elles sont malheureusement rares, les études comparatives menées par la Commission européenne sur les incidents et accidents impliquant des sites Seveso montrent que la France souffre de nombreux verrous en matière de gestion des risques (European Union, 2017). C'est notamment le cas dans les domaines de la planification de gestion de crise, dans l'information à la population et les inspections annuelles des établissements classés Seveso seuil haut. L'étude du comportement des populations lors de l'incendie des sites LNL permet de prolonger ce constat, en questionnant l'opérationnalisation de la doctrine de confinement.

## 5. L'incendie des sites Lubrizol et Normandie Logistique le 26 septembre 2019

Le 26 septembre 2019, à 2h40 du matin, un incendie se déclenche dans les sites de Lubrizol et Normandie Logistique. Le PPI est déclenché une heure après par le préfet, à 3h45. Avant 6h, les



principaux axes de circulation menant aux deux sites sont fermés. Un confinement de la population située dans un périmètre de 500 mètres autour des usines est mis en place. L'ordre de confinement est diffusé via un communiqué de presse de la préfecture à 5h50 : « Par souci de précaution, il a été décidé un confinement de la population dans un périmètre de 500 mètres autour de l'entreprise » (RII, 2020). Par ailleurs le préfet recommande lors des conférences de presse « d'éviter les déplacements non indispensables dans l'agglomération de Rouen et de rester à l'intérieur autant que possible » (Sénat, 2020). Deux sirènes d'alerte sont déclenchées à 7h51, soit plus de 5 heures après le début de l'incendie<sup>9</sup>. Lors des différentes auditions, le préfet justifie ces délais par son souci de ne pas créer de mouvements de panique en pleine nuit alors que la population est déjà confinée<sup>10</sup>. Treize communes situées principalement sous le nuage fermeront leurs écoles sur arrêté préfectoral tandis que 15 autres le feront de leur propre initiative, dont les communes de Petit-Quevilly et Grand-Quevilly au plus proche de l'incendie. L'incendie sera finalement éteint vers 15h et la consigne de confinement autour du site levée à 16h30.

### **5.1. Comportements de la population dans la zone des 500 mètres autour des sites LNL**

Suite à cet événement, une enquête a été réalisée pour étudier les comportements de la population de la métropole durant cette journée<sup>11</sup>. Cette étude a notamment révélée un phénomène de départs spontanés au moment de la crise qui a concerné près de 20 % des 1600 ménages ayant répondu à l'enquête (Lebon et al., 2021). Avec un barrage mis en place dans un rayon de 500 mètres et une consigne de confinement de la population, nous nous sommes également intéressés aux comportements des populations à l'intérieur de ce périmètre. L'objectif était de comparer les comportements de cette population à ceux observés à l'échelle de la métropole, et de comprendre comment les consignes avaient été diffusées et interprétées au plus près de l'incendie ?

En effet, le périmètre de confinement établi sous l'autorité du préfet à 500 mètres autour des usines de LNL ne répondait à aucun zonage préexistant, ni dans le PPRT ni dans le PPI. Les objectifs précis de cette zone de confinement n'étaient également pas tout de suite identifiés, confusions associées à l'emploi même du terme « confinement » en lieu et place d'une « mise à l'abri » (RII, 2020). Il a été établi par la suite que les objectifs de ce rayon étaient essentiellement de protéger les populations les plus proches du risque d'explosion et de réduire la circulation autour du site pour ne pas gêner le travail des services de secours et de sécurité (Sénat, 2020).

Pour alerter la population autour du site, en plus du communiqué de presse de la préfecture à 5h50, le système d'alerte de la commune de Petit-Quevilly a été utilisé : un SMS<sup>12</sup> a été envoyé aux environs de 8h du matin aux abonnés résidents dans un rayon de 500 m autour du bâtiment

---

<sup>9</sup> [http://www.irma-grenoble.com/PDF/risques\\_infos/HS1/HS1article11.pdf](http://www.irma-grenoble.com/PDF/risques_infos/HS1/HS1article11.pdf)

<sup>10</sup> Une confusion existe entre ces deux tactiques de gestion de crise. Lors de son audition devant le Sénat le 22 octobre 2019, Eric Schnur, président-directeur général du groupe Lubrizol, déclare ainsi : « Nous sommes profondément désolés pour les irritations que la fumée a provoquées et reconnaissants envers la préfecture d'avoir appelé la population à rester confinée ». Le ministre Castaner déclare, lors de ces mêmes auditions « Cette décision, je le sais, a pu prêter à débat, mais elle se fonde sur un diagnostic pragmatique de la situation. Pendant les heures qui ont suivi le début de l'incendie, l'important était que les populations restent confinées au maximum. Étant donné l'heure nocturne, le plus simple était de garder les populations à l'abri chez elles, plutôt que de risquer de créer des mouvements de panique dans toute la ville. » Il revient finalement au Colonel J.-Y. Lagalle, directeur du SDIS 76, de clarifier les éléments techniques lors de son audition au Sénat : « Nous n'avons pas mis en œuvre de « confinement ». J'ai proposé au préfet, par souci de réalisme, au-delà du périmètre de 1340 mètres dans le cône des fumées, une simple « mise à l'abri », qui consiste simplement à rester chez soi. En effet, un confinement implique de scotcher portes et fenêtres si bien que les habitations deviennent rapidement assez irrespirables, après un délai de deux heures ».

<sup>11</sup> <https://www.univ-rouen.fr/actualites/enquete-lubrizol-votre-journee-du-26-septembre-2019-entretien-avec-eric-daude/>

<sup>12</sup> SMS sur la base d'une inscription volontaire de la part des habitants de la commune.

administratif de Lubrizol, choix réalisé par la maire à défaut d'informations précises sur la localisation de l'incendie<sup>13</sup>. L'incendie s'étant déclenché dans d'autres bâtiments, plus à l'est, des populations présentes dans le rayon des 500 mètres de l'incendie n'ont ainsi pas reçu le SMS d'alerte.

Nous avons donc choisi ce périmètre de 500 mètres autour de l'incendie pour passer un questionnaire en face-à-face auprès des ménages résidant la zone. L'enquête a été réalisée au mois de juin 2021. Près de 28 % des ménages qui résident cette zone (36 sur 130) ont accepté de répondre au questionnaire, ce qui est un bon score compte tenu du contexte sanitaire lié à l'épidémie de Covid-19 durant cette période. Le principal motif mentionné par les personnes qui ont refusé de répondre au questionnaire était la volonté « de tourner la page de cet incendie » : salariés de l'usine ou dévalorisation du patrimoine foncier, autant de facteurs susceptibles de motiver ce désir d'oubli. Une seule personne, la personne référente dans la mesure du possible, a été interrogée par ménage. Un peu plus de 50 % des personnes interrogées ont entre 30 et 60 ans, les autres plus de 60 ans.

### *Une alerte et des informations trop tardives*

Plus de 80 % des personnes interrogées n'ont pas reçu de signal d'alerte ni d'information concernant la mesure de confinement. Ce fort pourcentage est à mettre en perspective avec le fait que près de 67 % des personnes interrogées ont quitté leur domicile dès les premières minutes qui ont suivi le démarrage de l'incendie et les premières explosions, soit plusieurs heures avant le premier communiqué de presse de la préfecture peu avant 7h. Parmi les ménages qui ont choisi de rester à domicile (33 %), les 3/4 l'ont fait de manière spontanée, une faible proportion n'ayant finalement été informée que par le SMS ou un appel téléphonique de la mairie de Petit-Quevilly aux environs de 8h du matin. Parmi les mesures immédiates prises par ces personnes, le colmatage des portes et des fenêtres et la recherche d'informations via la radio ont été mentionnées (40 %). Aucun des logements des personnes interrogées ne dispose de local de confinement, non obligatoire dans cette zone du PPRT. Les personnes qui se sont confinées se sont senties globalement en sécurité à l'intérieur de leur domicile.

### *Une évacuation spontanée de la zone de confinement des 500 mètres*

L'évacuation spontanée a donc été le comportement dominant pour les trois quarts des personnes interrogées et résidant la zone des 500 mètres. Cette proportion est trois fois plus élevée que la tendance mesurée lors de l'enquête sur la population de la métropole (Lebon et al., 2021). Un peu plus de la moitié des répondants ayant fui motive ce choix par de très fortes inquiétudes pour sa sécurité. Réveillés par les explosions, les bruits de l'incendie et les véhicules d'interventions, et faute d'informations sur la conduite à tenir, l'évacuation des populations riveraines des sites LNL s'est organisée entre voisins dès les premiers instants de l'incendie.

Face à la menace des explosions et de l'incendie des sites LNL, seulement un tiers des personnes interrogées a décidé de rester à son domicile, parmi lesquelles moins de la moitié a mis en place des mesures de confinement non structurelles. Comment se sont comportées, à moins de 4 kilomètres des sites LNL en feux, les populations qui vivent également dans le PPRT d'un autre site Seveso seuil haut et dans le PPI de zone de Rouen ?

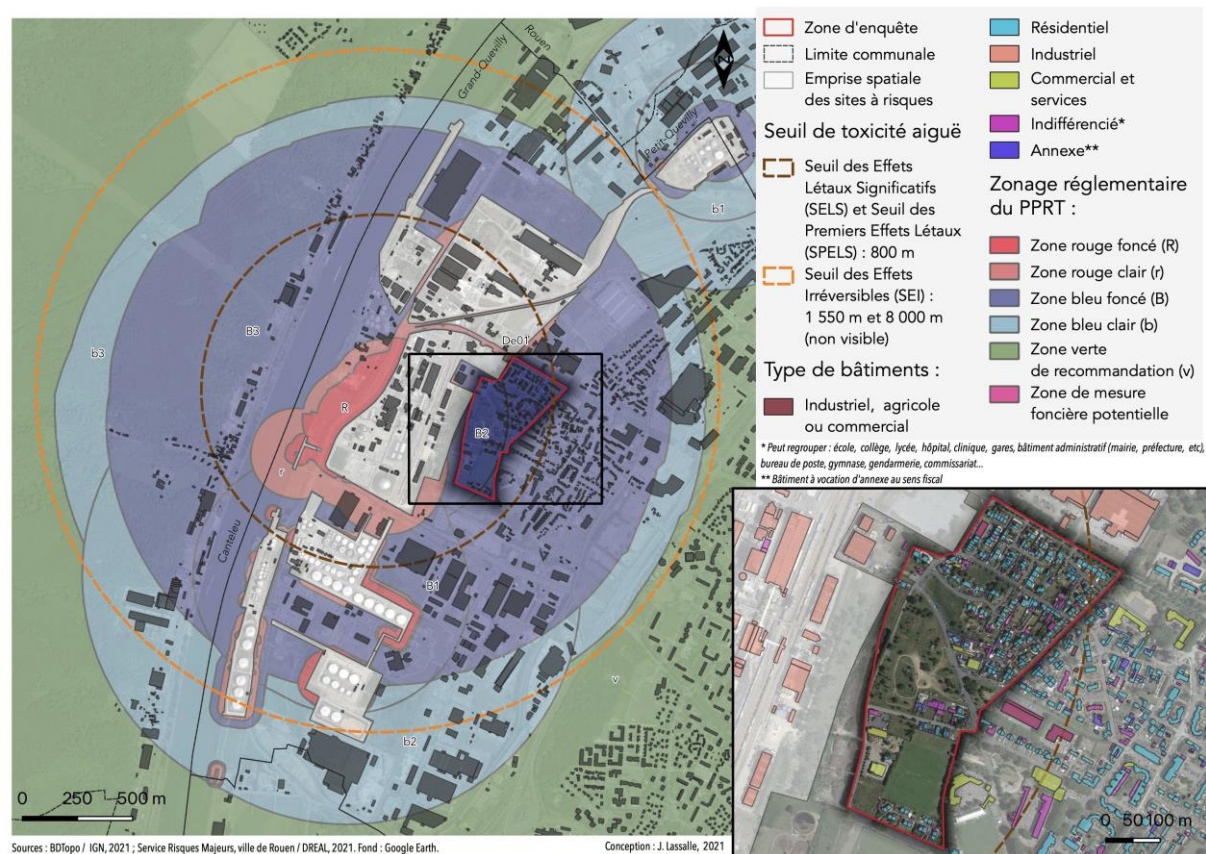
## **5.2. Comportements de la population autour d'un autre site Seveso Seuil haut**

Alors que la population riveraine des sites LNL n'a pas d'obligation ni de recommandation concernant l'aménagement d'un local de confinement à domicile prévu par le PPRT, ce n'est pas le cas dans le zonage réglementaire du PPRT de l'usine Boréalys (Figure 6). Nous avons donc réalisé

---

<sup>13</sup> Entretien avec Mme Charlotte Goujon, maire de Petit-Quevilly au moment de l'incendie des sites LNL.

un second questionnaire pour étudier l'effet de l'accident LNL sur la population riveraine de Boréal, site classé Seveso seuil haut et situé dans la commune voisine de Grand-Quevilly. Boréal est spécialisé dans les fertilisants simples et composés dont les procédés de fabrication nécessitent de l'ammoniac stocké sur site dans une sphère de 500 tonnes. La zone des effets irréversibles en cas d'ouverture brutale de cette sphère est de 8 000 mètres autour de la cuve, celle-ci correspond à la limite du périmètre du PPI de zone de Rouen (Rouen, 2020). Dans la zone des 500 mètres autour de l'usine Boréal, 190 résidences font l'objet d'une recommandation (zone bleu foncé) de présence d'un local de confinement dans le cadre du PPRT de Boréal (Figure 6).



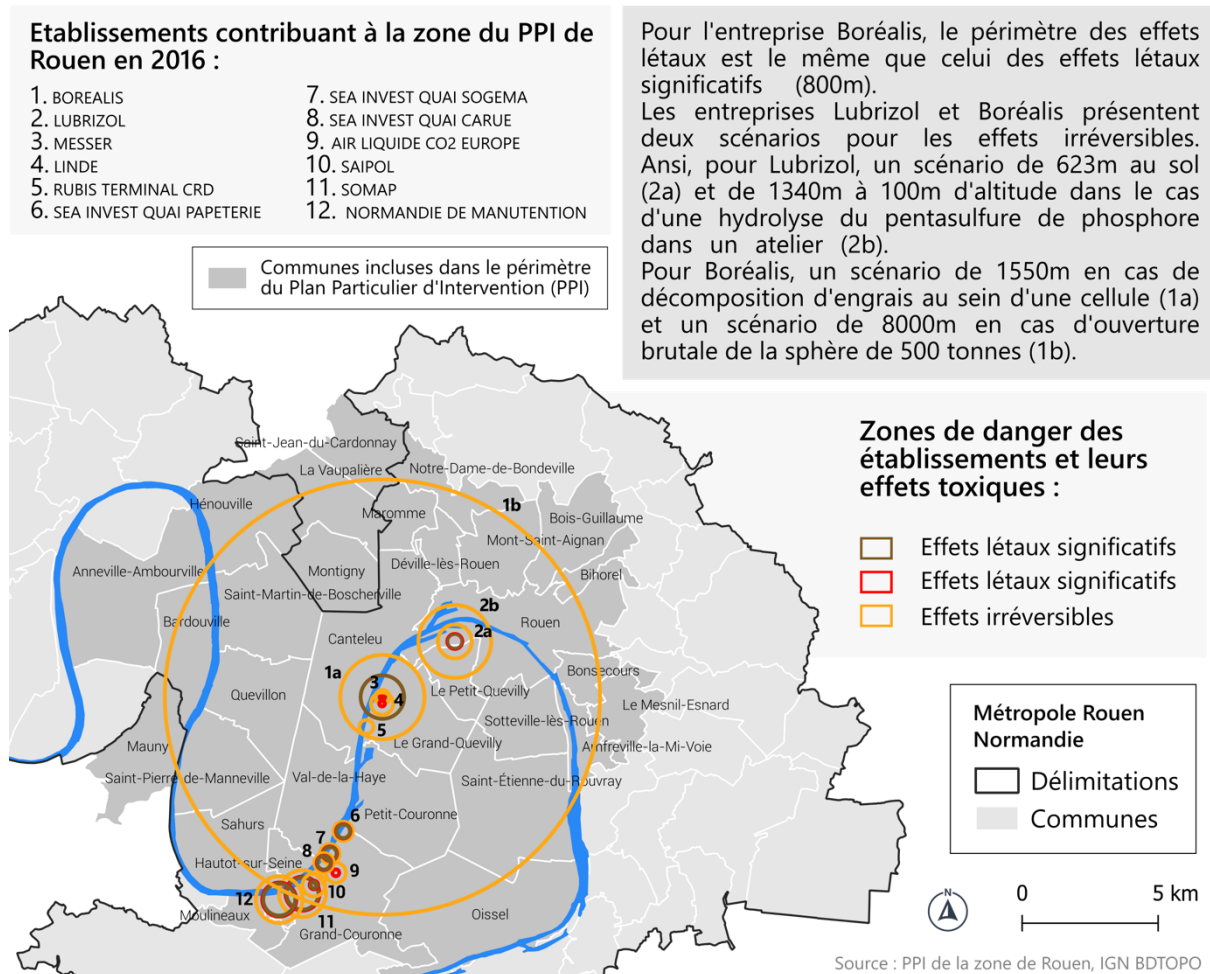
**Figure 6.** Zonage réglementaire du PPRT du site Boréal et zone d'étude.

Sur les 190 ménages recensés dans la zone, nous avons pu en interroger 39, soit un peu plus de 20 %. Situé au sud de l'incendie, le panache de fumée n'a pas survolé leur domicile, ni leur commune. Ce sont ainsi 85 % des personnes interrogées qui sont restées à leur domicile le jour de l'incendie. Parmi elles, un peu moins de la moitié (42 %) a mis en place une ou plusieurs mesures de confinement non structurelles ce jour-là. Si l'accident du 26 septembre 2019 n'a pas eu un effet massif sur la hausse du niveau d'inquiétude chez ces personnes (60 % indiquent même ne pas être plus inquiètes qu'auparavant), ce résultat est à nuancer du fait de la présence d'une inquiétude structurelle : elles sont 85 % à déclarer probable qu'un événement similaire se produise sur le site de Boréal et que les conséquences seraient beaucoup plus graves que celles observées lors du 26 septembre 2019 !

Ainsi, près de 50 % des répondants ne se sentent « pas du tout » en sécurité à leur domicile. Ils sont 64 % à savoir qu'ils se trouvent dans le zonage du PPRT, et moins de la moitié d'entre eux connaît la recommandation d'avoir un local de confinement du fait de ce zonage. Et seuls deux ménages parmi ceux interrogés ont commencé des démarches pour réaliser un local de confinement. La complexité et la lenteur des démarches sont systématiquement évoquées pour expliquer un tel échec, que l'on retrouve dans d'autres études (Blesius, 2016). L'autre raison évoquée est que, s'agissant d'une recommandation sur des biens déjà existant, aucun financement n'est prévu. Les aides financières ne sont en effet associées qu'aux zones de prescription ou de délaissement. Enfin,



les logements à proximité de l'usine Boréalès sont pour beaucoup des logements sociaux ou des biens loués. Le niveau de vie et le fait d'être locataire sont alors un frein à la réalisation d'une pièce de confinement.



**Figure 7.** Les zones de danger pour la vie humaine des entreprises concernées par des effets toxiques et intégrées au Plan Particulier d'Intervention (PPI) de la zone de Rouen. Dans ce territoire, les distances de danger maximales des scénarios les plus défavorables sont liées aux effets toxiques. L'enveloppe englobante qui définit le scénario le plus défavorable de chaque entreprise délimite la superficie totale du PPI de la zone et comprend 33 communes (d'après Fenet, Daudé, 2020).

Les comportements des populations durant l'incendie des sites LNL le 26 septembre 2019 soulèvent donc un défi majeur pour la stratégie de gestion de crise : comment s'assurer que les populations comprennent la nécessité de se confiner en cas d'accident majeur avec effet toxique dans le périmètre du PPI de zone de Rouen ? Et si la population suit cette consigne, comment s'assurer que les personnes puissent trouver un local de confinement pour se protéger ? Cette question est loin d'être triviale dans des territoires où le PPI, à l'instar du PPI de zone de Rouen, s'étend jusqu'à 8 kilomètres du site Seveso à la source du danger (Figure 7).

## 6. Diagnostic territorial sur la disponibilité de locaux de confinement pour la population

Toutes les villes qui accueillent au moins un établissement classé Seveso ont un DICRIM. Celui-ci décrit entre autres les comportements à suivre en cas de déclenchement du signal d'alerte. Si les mesures non structurelles de confinement sont mentionnées dans la plupart des documents (Figure 2), d'un point de vue opérationnel, comment mettre à l'abri plusieurs milliers voire des dizaines de milliers de personnes, peut-être en seulement quelques minutes ou heures, si un accident majeur avec effet toxique se produisait en pleine journée (Photo 1) ? Cette question nécessite d'évaluer la

capacité d'offre en locaux de confinement d'un territoire au regard de la demande exprimée à un moment donné par la population.



**Photo 1.** Foule dense des jours de semaine dans le centre-ville de Rouen, Normandie (photos : É. Daudé).

Pour conduire ce diagnostic territorial sur l'offre et la demande en locaux de confinement, nous avons suivi une démarche en cinq étapes.

La première étape consiste à déterminer le volume maximal de population présente sur le territoire, ce qui constituera le volet demande. Dans la majorité des zones urbaines, ces volumes sont atteints en journée. Nous avons privilégié une approche centrée sur la population non-résidente, posant l'hypothèse qu'une personne située à proximité de son domicile au moment d'une l'alerte le rejoindrait pour se confiner. La résolution spatiale pour estimer ce volume de population doit donc être fonction du temps nécessaire à une personne pour rejoindre un local de confinement et de la vitesse de déplacement du nuage toxique depuis son point d'origine. Cette résolution spatiale doit permettre d'étalonner les besoins en termes de confinement : combien de personnes faut-il confiner dans la maille sélectionnée ?

La deuxième étape consiste à dénombrer les bâtiments susceptibles de contenir un ou plusieurs locaux de confinement et à estimer leurs capacités d'accueils théoriques. Compte tenu des diagnostics et des travaux à réaliser pour chacun des bâtiments, des équipements et des ressources à fournir pour qu'ils soient opérationnels, et des formations à réaliser auprès des personnels de ces bâtiments pour qu'ils accompagnent la mesure de confinement, il est préférable de privilégier une approche limitant le nombre d'établissements cibles. Nous avons pour cela privilégié les établissements recevant du public.

La troisième étape consiste à produire une cartographie de scénarios de confinement en fonction du nombre de personnes à confiner et des places disponibles. Cette cartographie permet de repérer les zones dans lesquelles il peut exister des tensions en termes de places disponibles.

La quatrième étape consiste à réaliser les diagnostics des bâtiments cibles afin d'identifier les locaux de confinement, de réaliser les travaux nécessaires et d'équiper les locaux sélectionnés. À ce stade, la mise à jour des données de la seconde étape doit permettre d'ajuster les scénarios de l'étape trois.



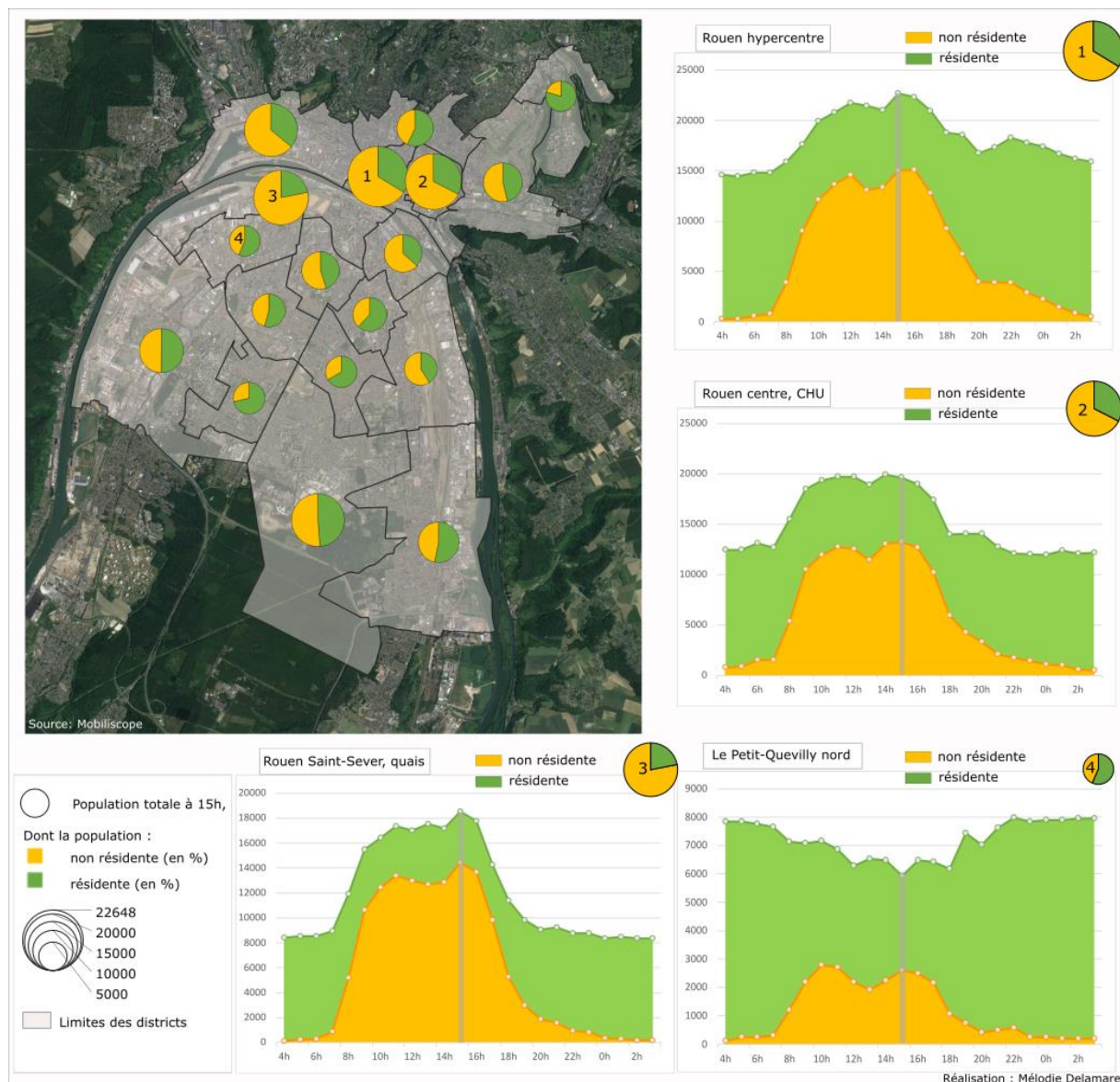
Enfin la cinquième étape consiste à former les personnes référentes qui seront responsables de l'opération de confinement : ouverture du local le cas échéant, dénombrement des personnes mises à l'abri, gestion des stocks de première nécessité, communication avec les autorités, mise en place des mesures non structurelles de confinement. Il est également essentiel de communiquer à la population les informations sur la présence de ces locaux de confinement et mettre en place une signalétique pour les rejoindre en cas d'alerte. Les sections qui suivent illustrent une partie de ces étapes à partir d'un diagnostic dans le PPI de zone de Rouen.

### **6.1. Estimer le volume de population présente en plein jour**

L'estimation du volume de population présente sur un territoire à différentes périodes de la journée peut se faire à partir de différentes sources de données : les navetteurs domicile-travail (INSEE), les enquêtes ménages et déplacements (EMD) sur les pratiques de mobilité des habitants ou encore les données issues des opérateurs de téléphonie mobile. Si cette dernière catégorie offre l'avantage de ne pas exclure les visiteurs occasionnels et les touristes, elle représente un coût financier important. Nous avons donc choisi l'EMD pour sélectionner le pic de présence dans la commune de Rouen<sup>14</sup>, celui-ci correspondant à la tranche 14-15h en jour de semaine (Figure 8). Sur cette plage horaire, près de 115 000 personnes sont présentes dans les seuls îlots de la commune de Rouen, avec plus de 60 % d'entre elles qui ne résident pas l'îlot dans lequel elles se trouvent à 15h. Selon les fonctions économiques et sociales présentes dans les îlots de la commune, la part des populations résidentes et non-résidentes varie en effet au cours de la journée. L'îlot Rouen hypercentre par exemple (noté 1 sur la Figure 8), dans lequel se concentre les activités économiques de type commerces et services, voit sa population résidente décroître au cours de la journée (près de 15 000 résidents la nuit, 7 600 à 15h) alors que la population non résidente de l'îlot augmente dès 7h du matin pour atteindre un pic à 15h (plus de 15 000 personnes) avant d'amorcer une décroissance. Cette dynamique se retrouve dans la majeure partie des îlots de la métropole, avec des effectifs relatifs et absolues qui varient selon les activités économiques et de services présentes dans l'îlot (susceptibles d'attirer des populations non résidentes) et leurs caractéristiques sociodémographiques. Les îlots où la population est plus âgée ou qui accueillent une population plus importante d'ouvriers sont « moins mobiles », comme le montre la situation de l'îlot du Petit-Quevilly Nord par exemple (noté 4 sur la Figure 8).

---

<sup>14</sup> Nous avons utilisé l'exploitation de l'EMD via le Mobiliscope (<https://mobiliscope.cnrs.fr/fr/geoviz/rouen?m1=1&m2=2&m3=2&m4=nb&t=15&s=001>). Cet outil permet de visualiser le nombre de personnes présentes par tranche horaire et par îlot, en distinguant les personnes selon leur lieu de résidence, la nature des activités exercées et le profil socio-économique.



**Figure 8.** Pic horaire (15h) de présence de la population dans une partie de la métropole de Rouen Normandie en jour de semaine (carte) et sa répartition (graphiques) entre population résidente (vert) et non-résidentes (orange) dans quatre îlots de la métropole (sources : Mobiliscope, EMD métropole de Rouen 2017).

Pour chaque îlot, nous disposons donc du nombre de personnes non résidentes et résidentes, par tranche horaire. Compte tenu des caractéristiques de l'EMD, les populations de visiteurs occasionnels (ne résidant pas la métropole) et les touristes ne sont pas inclus dans cette estimation. Il est donc attendu une sous-estimation du nombre réel de personnes présentes dans les îlots attractifs pour ces catégories de visiteurs (centre historique, zone commerciale). Par ailleurs, le choix a été fait de ne prendre en compte que la population non-résidente par îlot pour quantifier la demande maximale théorique (DMTi) en besoin de mise à l'abri et de confinement. Nous faisons pour cela l'hypothèse qu'une personne ayant son domicile dans l'îlot où elle se situe au moment d'une alerte s'y rendra pour se confiner. Cette hypothèse, si elle est réaliste dans le cas des îlots de faible superficie et très peuplés du centre urbain l'est moins pour les îlots plus périphériques. Néanmoins, ce choix se justifie ici en première approximation car il n'existe pas de locaux spécifiques de confinement dans notre zone d'étude et que la question de l'accessibilité d'un lieu de confinement, ou de son temps d'accès, n'est à cette échelle pas encore posée.

## 6.2. Évaluer à l'échelle des îlots le nombre de bâtiments susceptibles d'accueillir un local de confinement

Le choix de localisation d'un local de confinement en zone urbaine peut porter sur des bâtiments déjà existants, ou à construire. Yu et Wen (2016) dans une étude sur les risques environnementaux à Shanghai, qui ne dispose pas d'abris, sélectionnent par exemple les 29 parcs d'une superficie supérieure à 2000 m<sup>2</sup> comme sites potentiels de construction d'abris. La pression de la demande de la population pour les abris est calculée à partir du ratio de 1,5 m<sup>2</sup> par personne. Mais en zone urbaine, la pression foncière est telle que cette solution est peu réaliste. De plus, à la différence des aléas naturels qui peuvent être saisonniers (cyclone, inondation, submersion marine) et justifier la création d'abris ad'hoc, le risque technologique est statistiquement très rare et le temps de confinement théoriquement très court. En première approche, le choix de bâtiments déjà existant et pouvant accueillir un ou plusieurs locaux de confinement s'est donc porté sur les établissements recevant du public (ERP).

Les ERP sont des bâtiments dans lesquels des personnes extérieures sont admises, moyennant un droit d'entrée éventuel. On y trouve des structures d'accueil pour personnes âgées, des salles de spectacle, des magasins et centres commerciaux, des hôtels, crèches, administrations ou encore des banques. Les entreprises ou certaines administrations n'accueillant pas du public ne sont pas des ERP, ni même les bâtiments à usage résidentiel. Les ERP sont classés en 5 catégories qui les obligent à une série de réglementations relatives à la sécurité et aux travaux. Le classement dans une catégorie dépend pour l'essentiel du nombre de personnes pouvant être accueillies dans l'établissement<sup>15</sup>. Notre choix s'est porté sur les ERP de catégorie 1 à 4, c'est-à-dire pouvant accueillir au moins 300 personnes en usage ordinaire. Ces ERP doivent, selon la réglementation, être équipés de dispositifs d'alarmes et de secours contre les incendies ainsi que de plans d'évacuation. Assujettis à des visites obligatoires par les commissions de sécurité et d'accessibilité, un premier bilan des ERP dans lesquels pourraient être établis un ou plusieurs locaux de confinement est donc réalisable.

Nous avons utilisé le fichier départemental des établissements recevant du public de la Seine-Maritime de 2021, amendé et géoréférencé grâce à une collaboration avec le service géomatique du SDIS76. Si cette base indique la capacité d'accueil maximale des ERP, le calcul de l'effectif varie en fonction du type d'établissement<sup>16</sup>, du nombre d'étages et de salariés. Ainsi pour une surface commerciale le calcul des effectifs maximums se fait sur la base de 2 personnes par m<sup>2</sup> sur le tiers de la surface des locaux accessibles au public, ce nombre variant pour les salles en sous-sol et dans les étages. Pour une structure d'accueil de personnes handicapées, l'effectif maximal sera calculé en additionnant l'effectif des résidents, l'effectif des visiteurs (selon le ratio d'un visiteur pour 3 résidents), l'effectif pouvant fréquenter les locaux de l'établissement et l'effectif du personnel. À l'échelle globale de l'ensemble des ERP, l'utilisation de cette donnée n'a donc pour objectif que de donner un ordre de grandeur de la capacité maximale d'accueil dans les établissements accueillant du public. Il faut noter que cet ordre de grandeur correspond aux préconisations sur les diagnostics concernant la création de locaux de confinement pour les bâtiments à usage non résidentiel. Celles-ci stipulent en effet que si le nombre de personnes à confiner est important, il peut être nécessaire de prendre en compte l'intégralité du bâtiment en tant que local de confinement.

Nous avons ainsi sélectionné les établissements susceptibles de contenir un local clos, en supprimant les gares, les églises ou les stades ouverts. Les bâtiments administratifs ont été conservés car ils sont connus par la population et en général facilement repérables, même pour des populations non-résidentes. Les ERP qui disposent des plus grandes capacités d'accueil sont donc, sans surprise,

---

<sup>15</sup> <https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F32351>

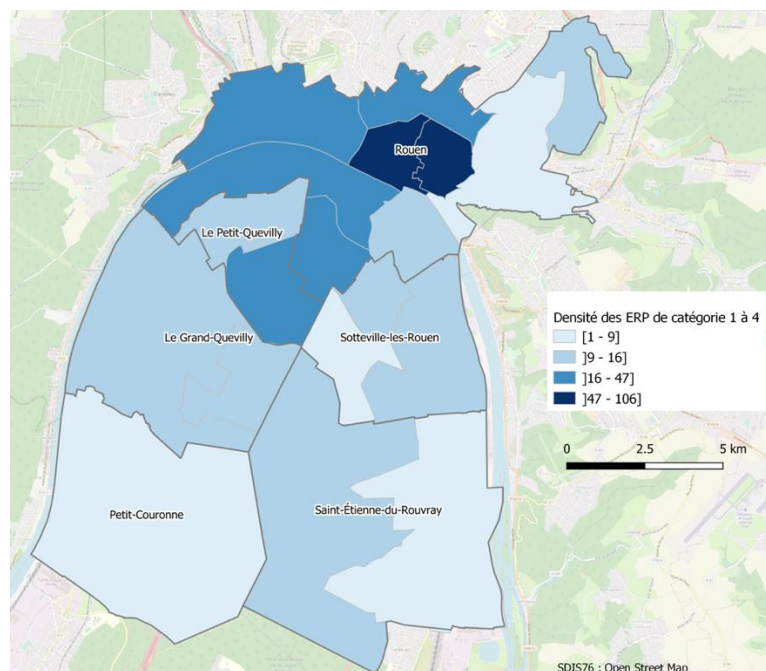
<sup>16</sup> [http://www.sdis85.com/media/fiche\\_aide\\_au\\_classement\\_des\\_erp\\_024295500\\_1653\\_29072015.pdf](http://www.sdis85.com/media/fiche_aide_au_classement_des_erp_024295500_1653_29072015.pdf)



de grands établissements clos à l'image des centres commerciaux, du zénith ou du parc des expositions à Grand-Quevilly.

### 6.3. Les ERP peuvent-ils suffirent à confiner la population ?

Cette dernière étape du diagnostic consiste à calculer deux indicateurs pour chaque îlot de population. Le premier indicateur donne la densité moyenne d'ERP par îlot. Il a été calculé en divisant le nombre d'ERP sélectionnés par la surface de l'îlot (Figure 9) : plus la densité est élevée et plus le choix parmi un grand nombre d'ERP sera possible pour sélectionner les bâtiments cibles. Les îlots respectivement de Rouen centre-CHU et de Rouen hyper centre disposent ainsi des densités les plus élevées d'ERP de la zone. Avec environ 100 ERP par km<sup>2</sup>, la distance maximale qu'un individu aurait à parcourir pour trouver un abri est donc théoriquement faible. Les îlots au sud de la zone présentent de plus faibles densités d'ERP, à la fois parce que plus importants en superficie, plus résidentiels et accueillant d'avantage d'industries.



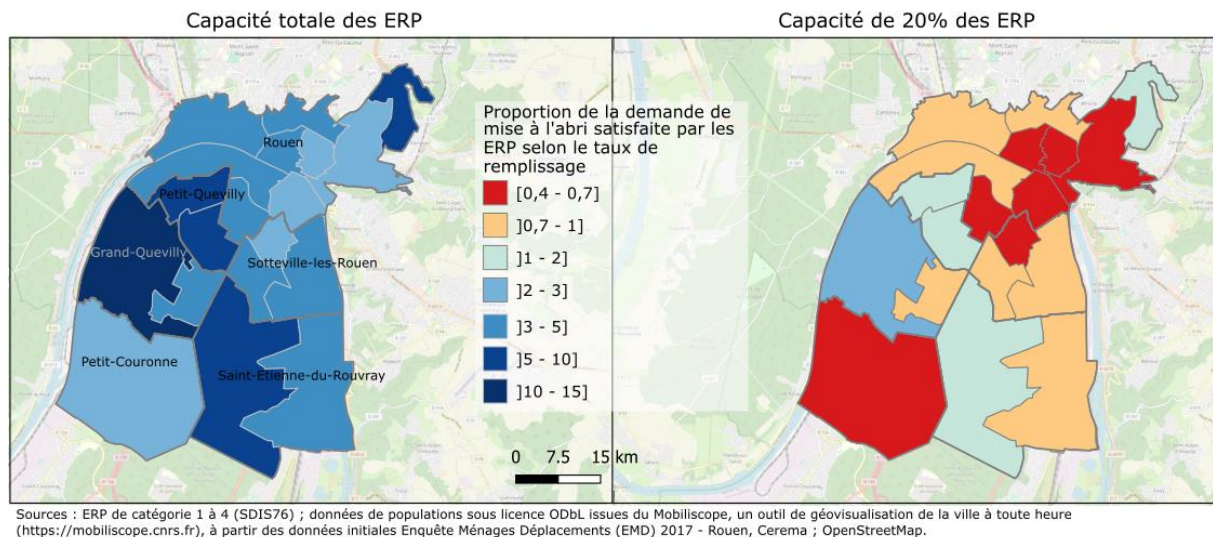
**Figure 9.** Densités moyennes d'établissements recevant du public de catégorie 1 à 4, par îlot, pour 6 communes intégrées dans le Plan Particulier d'Intervention de zone de Rouen.

Le second indicateur que nous avons calculé correspond à la capacité de confinement théorique (CCT) par îlot (i), il se calcule en divisant la capacité maximale d'accueil de l'ensemble des ERP présents dans un îlot i ( $CMA_i$ ) par la population non résidente présente à 15h dans l'îlot ( $DMT_i$ ). La capacité d'accueil de chaque ERP de catégorie 1 à 4 a été calculé à partir des variables « capacité d'accueil du public » et « capacité d'accueil du personnel » de la base standardisée<sup>17</sup> ERP-SDIS76. Dans la zone d'étude, l'ERP qui dispose de la plus grande capacité d'accueil est le Parc des Expositions situé sur la commune de Grand-Quevilly (18 038 personnes), la moyenne des capacités maximale d'accueil des ERP de catégorie 1 à 4 sur l'ensemble des communes étant d'environ 390 personnes. La population non résidente correspond à la demande maximale théorique sous l'hypothèse que les non-résidents se mettent à l'abri dans l'îlot où ils se situent au moment de l'alerte et que les résidents de l'îlot se confinent à leurs domiciles. Une valeur  $CCT_i$  inférieure

<sup>17</sup> Le calcul de la capacité d'accueil dépend du type d'établissement, par exemple pour une salle polyvalente, le calcul de l'effectif maximal est de 1 pers./m<sup>2</sup> de la surface totale de la salle, alors que pour un centre commercial il sera de 1 pers./2m<sup>2</sup> sur le 1/3 de la surface.

(supérieure) à 1 indique donc une sous-capacité (surcapacité) d'accueil relativement à la demande de confinement de la population non-résidente de l'îlot.

Nous avons calculé et cartographié deux scénarios (Figure 10), le premier correspond à une disponibilité de 100 % des ERP et de leur capacité maximale d'accueil, le second à une disponibilité réduite à 20 %. Ce second scénario qui s'éloigne de la situation idéale du premier factorise un ensemble de contraintes : une enquête menée en 2019 a par exemple mis en évidence que 60 % des agents de sécurité fermeraient leurs établissements en cas de signal d'alerte, ne laissant entrer personne (Fenet, Daudé, 2020) ; il permet également de représenter un taux de remplissage moindre du fait des délais de l'alerte, du manque d'organisation afin d'optimiser le nombre de personnes par bâtiments, de la réalité de l'espace disponible à l'intérieur des bâtiments pour réaliser un local de confinement (mesures structurelle ou non-structurelle).



**Figure 10.** Capacité de mise à l'abri et de confinement des populations non-résidentes avec respectivement 100 % (à gauche) et 20 % (à droite) de l'utilisation de l'espace disponible dans les établissements recevant du public de catégorie 1 à 4.

Si l'ensemble des ERP de catégorie 1 à 4 sont mobilisés, accessibles au moment de l'alerte et si la capacité maximale d'accueil est compatible avec les contraintes de confinement, alors la demande peut-être largement satisfaite sur l'ensemble des îlots de la zone d'étude (Figure 10, à gauche). Dans ce scénario, les îlots à l'est ont une capacité d'accueil théorique entre 2 et 4 fois supérieure à la demande potentielle, les îlots les plus proches des sites industriels (à l'ouest) ont une capacité d'accueil entre 6 et 15 fois supérieure à la demande. La présence du Zénith ou du parc des expositions, avec des capacités d'accueil très importantes, explique ces situations locales. Ce scénario est cependant extrêmement idéalisé, dans la mesure où il pose comme hypothèses (i) que toutes les places disponibles sont sécurisées (mesures structurelles ou non structurelles possibles), (ii) que tous les établissements sont accessibles et ouverts et (iii) qu'ils ne fermeront les accès que lorsqu'ils auront atteint leur capacité d'accueil maximale.

Le second scénario, en venant contraindre ces hypothèses, propose une situation plus contrastée (Figure 10, à droite). Ce scénario peut s'interpréter soit comme une limite à 20 % de la capacité maximale d'accueil des 1282 établissements de la zone, soit comme l'accessibilité de seulement 256 des établissements disponibles sur la zone, ou comme une solution intermédiaire. Dans ce scénario, les îlots qui accueillent le plus de non-résidents durant la journée, dans les communes de Rouen et de Sotteville notamment, subissent de fortes tensions entre la demande et l'offre d'abris compatibles avec des mesures de confinement. Pour ces îlots, entre trois et cinq personnes sur dix qui rechercheraient un abri ne pourraient pas se confiner dans un ERP de catégorie 1 à 4 en cas d'alerte.



Il est donc essentiel de ne pas risquer d'atteindre cette situation dégradée en gestion de crise et d'évaluer plus précisément les capacités de mise à l'abri dans ces zones.

Aux termes de ce premier tour d'analyse du diagnostic territorial, c'est donc un travail de terrain qui doit prendre le relais pour ajuster les disponibilités en locaux de confinement (phase 2 du diagnostic) avec les scénarios envisagés de la demande. Cet ajustement itératif doit permettre d'obtenir une évaluation objective des capacités de mise en confinement dans les ERP et par îlot. Si certains îlots sont très largement sous-dotés en zones de confinement, des solutions complémentaires devront alors être trouvées.

## 7. Discussion

L'objectif de cette recherche est de mobiliser les acteurs territoriaux sur les enjeux du confinement des populations en cas d'accident industriel avec nuage toxique. Un accident majeur avec effet toxique soulèvera en effet de nombreuses interrogations dans les cellules de crise : si l'alerte est donnée, est-ce que les personnes peuvent se confiner rapidement ? A-t-on identifié des bâtiments où elles peuvent se confiner ? Quelle est notre capacité communale de confinement ? Demande-t-on aux personnes qui sont véhiculées d'évacuer rapidement la zone ? Il est donc nécessaire d'anticiper ces questions pour ne pas allonger le temps de la prise de décision, éviter la confusion dans les messages envoyés à la population et ne pas risquer de provoquer de la confusion voire des phénomènes de paniques.

Les scénarios proposés dans cette recherche montrent que les réponses à ces questions ne sont pas triviales, et qu'une expertise sur le terrain est nécessaire pour identifier précisément les zones potentielles de confinement dans les territoires soumis à un PPI. Nous avons à dessein choisi les ERP de catégorie 1 à 4 car cela pourrait faire partie des missions réalisés lors des visites périodiques des sous-commissions départementales d'incendie et de secours, des commissions d'arrondissements et des commissions communales. Mission leur serait donné d'identifier les locaux potentiels, les moyens nécessaires pour qu'ils deviennent des lieux de confinement et d'établir leurs capacités de charge. Les cartographies proposées ici permettent déjà d'identifier et de prioriser les zones pour la création de ces locaux de confinement dans les îlots où les taux de remplissage des ERP pourraient être atteints voire largement dépassés, générant ainsi des situations potentiellement dangereuses en cas de crise.

Dans un contexte d'accident industriel avec effet toxique, la rapidité avec laquelle les populations présentes à l'extérieur vont pouvoir se confiner dépend de la possibilité de trouver un établissement accessible avec un local de confinement suffisamment grand pour pouvoir les accueillir. Outre le travail indispensable de création de ces locaux et de leur dimensionnement au volume de la population à confiner, un travail de formation des différents acteurs impliqués, de planification de l'alerte et de la communication doivent être également conduits. Un rôle important pourrait être attribué aux personnels des ERP de catégorie 5 pour la diffusion d'informations et de consignes dans les premières minutes de la crise. Une enquête réalisée en 2019 auprès de responsables sécurité d'ERP de Rouen montrait en effet que plus de 60 % d'entre eux n'étaient ni formés ni prêts à assurer l'accueil de personnes extérieures à leur établissement en cas d'alerte et de confinement (Fenet, Daudé, 2020). Ce constat devait être relié au fait qu'aucune formation sur la stratégie de confinement des populations n'avait été mis en place à cette époque et qu'aucun local de confinement n'était disponible dans une métropole pourtant soumise à un PPI avec effet toxique et une doctrine du confinement en cas d'alerte. On dénombre ainsi plus de 19 000 petits commerces ou services à Rouen, soit autant de personnes pouvant être formées pour aider à suivre les bons gestes lors d'un accident industriel. Pour la majorité de ces établissements, il n'est pas envisageable de les considérer comme des locaux de confinement car ce sont, pour la plupart, de petits établissements avec de grandes baies vitrées donnant sur une rue. En revanche, il est tout à fait envisageable de les voir comme des relais de communication de l'information et de la diffusion des consignes en cas

d'accident industriel. Malgré l'arrivée de nouvelles méthodes d'alerte via les SMS géolocalisés et la diffusion cellulaire en France dès 2022 (FR-Alert<sup>18</sup>) et la diffusion massive d'informations par le biais des réseaux sociaux, le contact humain reste important, notamment en situation de crise.

Aider les populations à trouver un local de confinement nécessite également son identification qui peut se faire sous la forme d'affichettes placées à des endroits stratégiques dans les rues ou à l'entrée de l'établissement (Figure 11), comme c'est déjà le cas pour le risque de rupture de barrage avec l'identification des zones refuge.



**Figure 11.** Exemples fictifs d'affiches pouvant servir à localiser et à identifier un local de confinement. La lecture du QR code permet de visualiser sur un smartphone l'itinéraire vers ce lieu, d'obtenir des informations sur le nombre de places disponibles et renvoyer le cas échéant vers un autre abri.

Cette information est essentielle pour guider les personnes, notamment pour les visiteurs occasionnels ou les touristes qui ont une connaissance plus limitée du territoire. Il s'agira également de mieux intégrer dans le dispositif de l'alerte les systèmes de communication (panneaux d'affichage lumineux publicitaires, haut-parleurs) pour alerter et informer les populations.

Concernant la formation, il est essentiel que les gestionnaires de crises et la population aient une bonne compréhension du danger que représente un effet toxique, et la rapidité avec laquelle un nuage toxique peut se propager. L'évaluation des seuils de toxicité et les scénarios météorologiques pris en compte pour estimer le temps dont dispose les personnes pour se confiner sont donc primordiaux. Cette connaissance doit permettre d'éviter d'une part une alerte trop tardive et une communication trop ambiguë et d'autre part des comportements à risque de la population. Lors de l'incendie des sites LNL, de nombreuses personnes craignant pour leur santé ont décidé de fuir la zone (Lebon et al., 2021). Ce comportement, en cas de nuage toxique aigu, invisible et à propagation rapide pourrait mettre en péril la vie des personnes.

## 8. Conclusion

La doctrine dominante en France en cas d'alerte accident avec effet toxique est le confinement des populations. L'analyse de 20 documents d'information à la population démontre que la communication de ces consignes n'est pas normée. S'il est attendu de la population qu'elle se confine en cas d'alerte, l'étude de l'incendie des sites Lubrizol et Normandie Logistic le 26

<sup>18</sup> <https://www.icsi-eu.org/FR-alert-defis>

septembre 2019 montre les limites d'une telle consigne. Une enquête réalisée dans le périmètre de confinement de 500 mètres autour du site révèle que près des deux-tiers des résidents avaient déjà fui leur domicile avant le déclenchement de l'alerte et la mise en place du confinement. En changeant d'échelle, celle d'un territoire plus vaste, nous posons la question de la possibilité pour une population exposée à un danger imminent d'effet toxique significatif de pouvoir se mettre à l'abri dans un local de confinement tel que prévu dans les plans de gestion de crise. L'exemple de la métropole de Rouen est analysé, ce qui nous conduit à proposer un cadre méthodologique qui permet de réaliser un premier diagnostic de capacité de confinement d'un territoire. Charge aux collectivités territoriales ou aux associations de citoyens de s'en emparer pour évaluer localement les défis posés par la diffusion et l'applicabilité de telles consignes en cas d'alerte.

Les ERP peuvent jouer un rôle essentiel dans la gestion d'une crise, la possibilité de les utiliser comme zones de refuge ne doit pas être négligée. La responsabilité des employeurs ou des chefs d'établissement est évidente pour le public accueilli à l'intérieur de l'établissement. En revanche, un flou persiste sur l'obligation de l'établissement à accueillir du public provenant de l'extérieur, tout en protégeant les personnes déjà à l'intérieur, en cas d'accident et d'alerte confinement. Un diagnostic propre à chaque établissement serait nécessaire pour définir des capacités maximales d'accueil pour mettre à l'abri les personnes mais également, dans des bâtiments répondant aux critères, pour créer des locaux de confinement. Ce travail de diagnostic du territoire doit être réalisé en priorisant les enjeux. Également, la création de ces locaux est à penser avec une vision multirisque. D'une part, en envisageant le phénomène de surpression et la possibilité de fenêtres détruites par le souffle d'une explosion. Également, avec le sur-aléa ou l'effet domino à intégrer, pour par exemple, ne pas créer un local de confinement dans un bâtiment soumis au risque inondation.

La mise en place de panneaux de signalisation doit également permettre d'indiquer le lieu de confinement le plus proche. La signalisation des zones refuge est déjà utilisée pour d'autres types d'aléa, notamment le risque de rupture de barrage, sa transposition au risque industriel est possible. En plus d'affichages sur le terrain, la possibilité de trouver rapidement avec un smartphone un itinéraire vers un abri doit également devenir une solution. Ceci peut passer par un QRcode comme présenté ici ou par la réception d'un message avec géolocalisation via l'application FR-Alert.

## Remerciements

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du projet ANR ESCAPE soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche, ANR-16-CE39-0011-01 et dans le cadre du projet COP HERL (COnséquences Potentielles pour l'Homme et l'Environnement, perception et RésiLience) financé par la Région Normandie, l'Union Européenne (FEDER) et la Métropole Rouen Normandie. Remerciements à Mélodie Delamare et Jennifer Lassalle pour la réalisation des questionnaires et la passation des enquêtes, ainsi que pour les réalisations graphiques.

## Références

- Assemblée Nationale (2020), Rapport de la mission d'information sur l'incendie d'un site industriel à Rouen. 135p., [https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/rapports/inceindu/115b2689\\_rapport-information#](https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/rapports/inceindu/115b2689_rapport-information#)
- Atmo Normandie (2021), Incendie Lubrizol et NL Logistique : bilan des mesures de polluants et d'odeurs dans l'air ambiant et les retombées atmosphériques. Rapport n°2520-001, <http://www.atmonormandie.fr/Lubrizol-NL-Logistique/>
- Blesius, J-C. (2016). Vers une diminution de la vulnérabilité du bâti face au risque industriel majeur - L'exemple des prescriptions de travaux issues du Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) français, ISTE OpenScience, DOI: 10.21494/ISTE.OP.2017.0103

- CERTU (2013), Guide PPRT - Complément technique relatif à l'effet toxique, CERTU, CETE de Lyon et INERIS pour le MEEDDAT/DGPR, 129 p., [http://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/guide\\_pprt\\_-\\_complement\\_technique\\_relatif\\_a\\_l\\_effet\\_toxique\\_2013.pdf](http://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/guide_pprt_-_complement_technique_relatif_a_l_effet_toxique_2013.pdf)
- Cortinovis J., Léger C., Le Meur S., Blondel F., Delmas V. (2021), Incendie Lubrizol/NL Logistique : surveillance de la qualité de l'air, chimique et olfactive par Atmo Normandie. *Environnement, Risques & Santé*. 2021;20(2):134-142. doi:10.1684/ers.2021.1517
- DDSC, (2005), Plan Communal de Sauvegarde : Guide Pratique d'élaboration. Direction de la défense et de la sécurité civile, 202 p., Paris.
- ERS - Environnement, Risques, Santé (2021), Numéro thématique consacré à l'incendie des usines Lubrizol / NL Logistique, vol. 20, n°2, mars-avril 2021, [https://www.jle.com/fr/revues/ers/sommaire.phtml?cle\\_parution=5111](https://www.jle.com/fr/revues/ers/sommaire.phtml?cle_parution=5111)
- European Union (2017), Analysis and summary of Member States' reports on the implementation of Directive 96/82/EC on the control of major accident hazards involving dangerous substances », Final Report, doi:10.2779/2037
- Fenet, J., Daudé E. (2020). « La population, grande oubliée des politiques de prévention et de gestion territoriales des risques industriels : le cas de l'agglomération rouennaise », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Espace, Société, Territoire, document 932, mis en ligne le 07 février 2020, 26 p. URL : <https://journals.openedition.org/cybergeo/34020>
- Ferrer L. (2018), Évaluation de l'efficacité de l'information préventive sur les risques majeurs destinée au Grand Public : Application au DICRIM. Sciences de l'environnement. Thèse de doctorat, (tel-02608797)
- Guyot, G., Salager, J. (2008). Éléments pour mettre en œuvre une stratégie de "confinement" en cas de pollution atmosphérique accidentelle, Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU)), 93p., <https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02150419/document>
- Lassalle J. (2021), Diagnostic territorial portant sur la capacité de mise à l'abri des populations en cas d'accident technologique majeur dans le territoire circonscrit au Plan Particulier d'Intervention de zone de Rouen. Mémoire de stage, Université de Rouen.
- Lebon M. Grancher D., Daudé É. (2021), L'incendie industriel du 26 septembre 2019 à Rouen: Cartes sur la ville. *Bulletin du Comité Français de Cartographie*, Num. Spécial « CartoRisk : Risques naturels ou anthropiques en cartes », vol. 245-246, pp 41-59.
- Lecoq, P., Dor, F., & Kairo, C. (2009). Description des valeurs repères toxicologiques utilisées lors d'expositions aiguës par inhalation des populations. *Synthèse*, 2(9), 71 p. URL : [https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/142802/document\\_file/30951\\_10128-10128-ps.pdf](https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/142802/document_file/30951_10128-10128-ps.pdf)
- Marlair G., Truchot B. (2021), Anticiper la gestion de crise lors d'incendies de stockage multiproduits. Retour d'expérience du cas Lubrizol/NL Logistique. *Environnement, Risques & Santé*. 20(2):111-117. doi:10.1684/ers.2021.1524
- MEDAD. (2007), Le Plan de Prévention Des Risques Technologiques: Guide Méthodologique. Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable, 160p., Paris.
- MTE, Ministère de la Transition Écologique (2021), Mission sur la transparence, l'information et la participation de tous à la gestion des risques majeurs, technologiques ou naturels, 68 p., <http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/mission-sur-la-transparence-l-information-et-la-a3113.html>
- RII (2020), Retour d'expérience après l'incendie d'un site industriel à Rouen en septembre 2019. Analyse et propositions sur la gestion de crise. — 135 p. URL: <https://www.seine-maritime.gouv.fr/content/download/42376/279416/file/Rapport%20inter-inspection%20RETEX%20mai%202020.pdf>
- Rouil L., Tognet F., Meleux F., Colette A., Leroy G., Truchot B. (2021), Dispersion et impact des panaches de fumées d'incendies industriels : le cas de Lubrizol. *Environnement, Risques & Santé*. 2021;20(2):126-133. doi:10.1684/ers.2021.1540
- Rouen (2020), DICRIM de Rouen. 40 p. Rouen. <https://rouen.fr/sites/default/files/cm/2020-12-17/18-1ann.pdf>
- Sénat (2020), Rapport de la commission d'enquête chargée d'évaluer l'intervention des services de l'État dans la gestion des conséquences environnementales, sanitaires et économiques de l'incendie de l'usine Lubrizol à Rouen, tome 1, 300 p., <http://www.senat.fr/rap/r19-480-1/r19-480-11.pdf>

- Tissot, S., & Lafon, D. (2006). Seuils de toxicité aiguë utilisés lors d'émissions atmosphériques accidentelles de produits chimiques. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 67(6), pp. 870-876. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1775878506704921>
- Tissot, S., Verrhiest, G., & Pichard, A. (2004). Seuils de toxicité aiguë en cas d'émissions atmosphériques accidentelles de substances chimiques dangereuses : méthode de détermination et principaux résultats. *Environnement, Risques & Santé*, 3(5), pp. 304-310.
- Yu J., Wen J. 2016. "Multi-Criteria Satisfaction Assessment of the Spatial Distribution of Urban Emergency Shelters Based on High-Precision Population Estimation." *International Journal of Disaster Risk Science* 7(4): 413–29. <http://link.springer.com/10.1007/s13753-016-0111-8>.