

Étude sur la valeur économique du sauvé, par les services de secours, dans le cas du patrimoine industriel et des établissements recevant le public

Dorian Goninet

Service Départemental d'Incendie et
de Secours des Bouches-du-Rhône

Toulouse School of Economics

Institut de Management Public et
Gouvernance Territoriale

Institut Français de Sécurité Civile

Jean-Paul Monet

Nicolas Treich

Anaïs Saint Jonsson

Selim Allili

Septembre 2018

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à mes recherches et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, je remercie le directeur du Sdis, le colonel Allione pour m'avoir accueilli dans son établissement.

J'adresse mes remerciements à mon enseignant référent, Monsieur Treich, professeur de la Toulouse School of Economics pour son écoute et ses précieux conseils.

Je tiens à remercier mon tuteur de stage, le lieutenant-colonel Monet, responsable du groupement qualité au sein du Sdis 13 pour le partage de son expertise au quotidien. Grâce à sa confiance, j'ai pu m'accomplir totalement dans mes recherches.

Je remercie également toute l'équipe du Sdis 13 et plus particulièrement celle du groupement qualité pour son accueil et son esprit d'équipe.

Avec le soutien du Ministère de l'Intérieur.



Sommaire

Remerciements	i
1 Introduction	1
2 Fondements théoriques	9
3 Application générale aux données assurantielles	23
4 Cas Élémentaire : un incendie d'ERP	39
5 Conclusion	47
Liste des tableaux	55
Table des figures	57

Chapitre 1

Introduction

1.1 Motivations & Objectifs

1.1.1 Présentation des services d’incendie et de secours

En France, le service départemental d’incendie et de secours¹ est un établissement public à caractère administratif gérant les sapeurs-pompiers au niveau d’un département. Chaque Sdis est désigné en lui ajoutant le numéro de son département.

Il faut noter que le département des Bouches-du-Rhône est représenté par le Sdis 13 ainsi que par les militaires du bataillon de marins-pompiers de Marseille², qui défendent la ville de Marseille, son port maritime et son aéroport tandis que le Sdis 13 s’occupe du reste du département. Cette forme d’organisation particulière et unique est issue d’une décision prise en 1939. En effet, suite à un feu de grande ampleur dans le centre-ville de Marseille, le Bmpm a été créé. Ainsi, le Sdis 13 fut créé en 1986, amputé de la défense de la ville chef-lieu.

Outre la prévention, la protection et la lutte contre les incendies ou les secours d’urgence aux personnes, les sapeurs-pompiers exercent également d’autres missions, moins connues du grand public :

- L’évaluation des risques de sécurité civile ;
- La préparation des mesures de sauvegarde et d’organisation des moyens de secours ;
- La protection des biens et de l’environnement.

1.1.2 Le Sdis des Bouches-du-Rhône

Au sein du Sdis 13, on peut oser parler d’activité intense un peu plus qu’ailleurs. En 2017, l’activité opérationnelle fut représentée par 847 924 hommes.heures³ au sein du Sdis 13 contre 251 778 en moyenne, sur l’ensemble des Sdis. Cette forte activité ne peut s’expliquer uniquement par une population plus nombreuse qu’en moyenne, mais aussi par le fort regain de l’activité liée aux feux de forêts pendant l’été.

1. Que l’on appellera Sdis tout au long de cette étude, ou Sdis 13 pour nommer celui des Bouches-du-Rhône.

2. Que l’on appellera, de la même manière, Bmpm.

3. L’unité de mesure hommes.heures correspond au travail d’une personne pendant une heure.

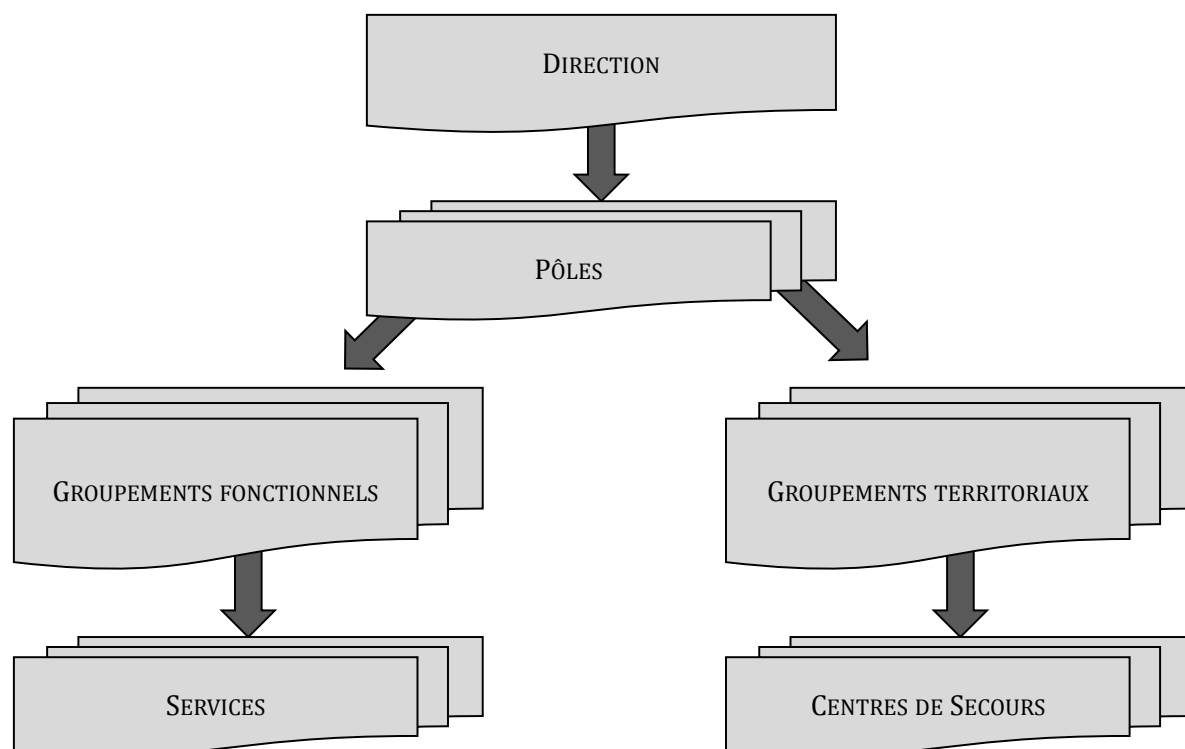


FIGURE 1.1 – Organisation de l’organigramme du Sdis 13

Le Sdis 13 comprend 62 centres de secours qui assurent des missions opérationnelles, administratives et techniques. Fin 2017, le département des Bouches-du-Rhône comptait 4 564 sapeurs-pompiers volontaires, 1 200 sapeurs-pompiers professionnels et 386 personnels administratifs, techniques et spécialisés de la fonction publique territoriale.

Le Sdis 13 est composé de 6 pôles, eux-même divisés de plusieurs groupements – eux-mêmes composés de services (figure 1.1),

- le **pôle Action & Anticipation** composé des groupements opérations, risques naturels, technologiques, prévention, et prévision ;
- le **pôle Compétence Humaine** composé des groupements ressources humaines, formation, médical et engagement citoyen (volontariat) ;
- le **pôle Finance & Administration** composé des groupements administration, achats et finances ;

- le **pôle Programmation & Soutiens Techniques** composé des groupements technique et logistique, informatique et gestion du patrimoine ;
- le **pôle Performance & Information** composé des groupements qualité et communication ;
- le **pôle Territorial** qui supervise, lui, les cinq groupements territoriaux dirigeant les 62 centres de secours.

1.1.3 Problématique

S'achemine, depuis de nombreuses années, un nouveau courant de pensée au sein des Sdis. Il est notamment caractérisé par la mesure de leur performance opérationnelle. De nombreuses études s'attachent à en rendre compte et une toute récente, réalisée en 2018 au Sdis 13 confronte ses outils de mesure mis en place avec ceux du secteur privé, et en expose une désormais mince frontière.⁴

La valorisation des Sdis peut s'effectuer à travers le questionnement sur la valeur du sauvé. Cet outil qu'est la valeur du sauvé est quantifiable, ce qui fait sa force. Mais elle l'est au prix d'hypothèses plus ou moins irréalisables. Cette étude s'attache à proposer une estimation quantifiable de la valeur du sauvé en partant d'une courte série d'hypothèses, selon la problématique suivante :

Définition fondamentale de la valeur du sauvé dans le cas du patrimoine industriel et des ERP et proposition d'une méthode « simple » de calcul pour une application au monde assurantiel

Aussi noble soit-elle, cette problématique s'aligne avec la démarche de quantifier l'innombrable. En économie, valoriser une production non-marchande représente un exercice complexe et fait l'objet de nombreuses études, mais les services d'incendie et de secours y sont peu représentés. Entamer de nouvelles réflexions sur le sujet est alors l'objectif d'une telle étude.

4. CHADLI-MAURICIO, Hanane, 2018. *La performance dans le service public : Étude de cas sur le Service Départemental d'Incendie et de Secours des Bouches-du-Rhône (Sdis 13)*. IMPGT, Sdis 13.

Cette étude a pour but de proposer une modélisation économique de la valeur du sauvé, en réfléchissant aux différents critères qui peuvent composer cette valeur. Cette modélisation doit aboutir à un calcul facilement réalisable pour tous les Sdis. En effet, ces derniers possèdent des statistiques approfondies de leurs opérations et doivent donc pouvoir appliquer cette modélisation simplement. Comprendre les mécanismes, pousser les réflexions et émettre des hypothèses constitueront une grande partie de l'étude. Pour ce faire, la modélisation sera précédée d'une caractérisation théorique de la valeur du sauvé qui proposera un calcul fondamental et, certes, irréalisable, mais constituera un point de départ pour acheminer toute la réflexion réalisée sur le sujet.

1.2 Revue de littérature

Faire l'état d'une littérature la plus complète possible est une étape importante de l'étude, afin que les hypothèses et questionnements posés le soient avec un regard le plus large possible. Mais seront exposées dans cette section les œuvres les plus marquantes.

1.2.1 En France

La valeur du sauvé est un sujet d'étude en plein essor de nos jours. Mais ce ne fût le cas que très récemment.

En 2011, commençait à se poser la question de la valorisation des Sdis par le coût de la vie des personnes sauvées⁵ en s'interrogeant sur la nécessité d'évaluer économiquement la performance opérationnelle des pompiers. Les objectifs sous-tendus sont clairement exposés : « *L'objectif de l'évaluation monétaire de la vie est double : tenter de quantifier la production d'un service non marchand, et permettre une aide à la décision dans le choix des investissements publics* ».

5. MILLOT, Stéphane, 2011. *L'identification du coût de la vie des personnes sauvées : une approche stratégique pour les Sdis ?* ENSOSP.

Plus récemment, en 2015, un exemple chiffré est mis à l'étude⁶ et permet de calculer *par défaut* des coûts évités de l'ordre de 22.4 millions d'euros. Par défaut puisque seuls les impacts directs sont mesurés. Les coûts d'une telle intervention sont de 12 800 euros, montant tout à fait incomparable avec ce qui a été sauvé et démontre sans conteste la nécessité de valoriser les services de secours. Cet exemple d'établissement industriel est le premier pas vers une approche globale de la valeur du sauvé.

En 2016 se dresse une première étude quantitative du sauvé dans le cas du secteur routier et des habitations.⁷ Une analyse économétrique et l'utilisation d'une fonction permettent de définir mathématiquement la valeur du sauvée et d'en ressortir un nombre. Le sauvé d'une maison individuelle se chiffre à environ 145 000 euros dans le Tarn contre 680 000 pour un immeuble tandis que la valeur d'une vie statistique a été estimée à 3 millions d'euros.

Affiner ces calculs, trouver de meilleures estimations sont les prochaines étapes d'un sujet comme celui-ci pour légitimer la valorisation des Sdis.

1.2.2 A l'étranger

Une revue autrichienne publie, en 1985, une étude⁸ stipulant que parmi les missions confiées aux sapeurs-pompiers figure la mesure des températures atteintes par le stockage du foin après la fenaison. Lorsqu'elles dépassent certaines valeurs limites, les sapeurs-pompiers imposent des mesures conservatoires très sévères afin d'éviter la survenance des combustions spontanées. Cette mission est financée par les assurances. Ainsi, ils sauvent un grand nombre d'exploitations agricoles.

6. CNOCQUART, Philippe, 2015. *Valoriser l'activité des SDIS en mesurant le « coût du sauvé » : l'exemple de l'incendie d'un établissement industriel dans le Tarn*. ENSOSP. Le coût du sauvé et la valeur du sauvé sont deux termes différents qui veulent exprimer le même concept.

7. CANOQUET, Cécile, 2016. *Valorisation économique de l'activité opérationnelle des sapeurs-pompiers*. TSE, Sdis 81.

8. Brennpunkt, 1985. *Heustöcküberhitzung – Die Feuerwehren helfen*. (Échauffement anormal des stockages de foin – Les corps de sapeurs-pompiers apportent une aide)

Un exemple de fonctionnement tout à fait marquant se situe dans le canton de Vaud où l'Établissement Cantonal d'Assurance (ECA) s'occupe autant de la prévention et des secours contre l'incendie que des assurances.⁹

En effet, dans la mesure où une assurance module les montants des primes à payer par chaque assuré en fonction du risque auquel son bien fait face, il est tout à fait compréhensible que les assurances cherchent à réduire ce risque. Bien sûr, le financement des sapeurs-pompiers par l'ECA est un réflexe tout à fait naturel. L'investissement réalisé dans les secours contre l'incendie leur permet de diminuer les indemnités à verser à chaque assuré lorsqu'il fait face à un sinistre. Ainsi, les primes payées par chaque habitant sont moindres.

9. ECA, 2017. *Rapport Annuel 2017*. https://www.eca-vaud.ch/images/publication/rapport_annuel/2017/ra/index.html

Chapitre 2

Fondements théoriques

2.1 Principaux concepts

2.1.1 Définition des concepts

Avant d'introduire la théorie de la valeur du sauvé, nous allons définir les principaux concepts qui seront utilisés afin de garantir la meilleure compréhension possible du chapitre.

Tout d'abord, la modélisation qui sera proposée en section 2.2, n'est le fruit que d'une théorisation complètement abstraite. En effet, afin de construire un modèle « simple », sans être simpliste, nous devons introduire des variables fondamentales de ce qui constitue la valeur du sauvé en négligeant les variables plus difficilement mesurables qui apportent peu de précision au modèle au regard de leur complexité de mise en place.

La construction d'une théorie scientifique peut s'articuler comme l'exprime la figure 2.1, mais de manière non-exhaustive. A la première étape du processus, une idée de comportement ou de lien entre certaines variables peut émerger dans l'esprit du scientifique. Il est possible de formuler des hypothèses quant à ces liens imaginés. La deuxième étape consiste à mathématiquement modéliser ces comportements afin d'obtenir des prédictions. L'écart des prédictions avec l'expérimentation – ou l'observation – permettra d'affiner la théorie en réfutant ou en validant des hypothèses. Ainsi, il est possible de redémarrer un cycle autant de fois que le lot d'hypothèses sera reformulé.

En outre, les concepts qui seront proposés sont purement théoriques et auront pour unique but de rendre le raisonnement correct et compréhensible. Ainsi, si ces concepts influaient, directement ou indirectement, sur des variables que nous ne modélisons pas – afin de rendre le modèle simple d'utilisation –, nous ne pourrions évidemment pas les modéliser et donc pas les prendre en compte. Prenons un exemple à titre d'illustration.

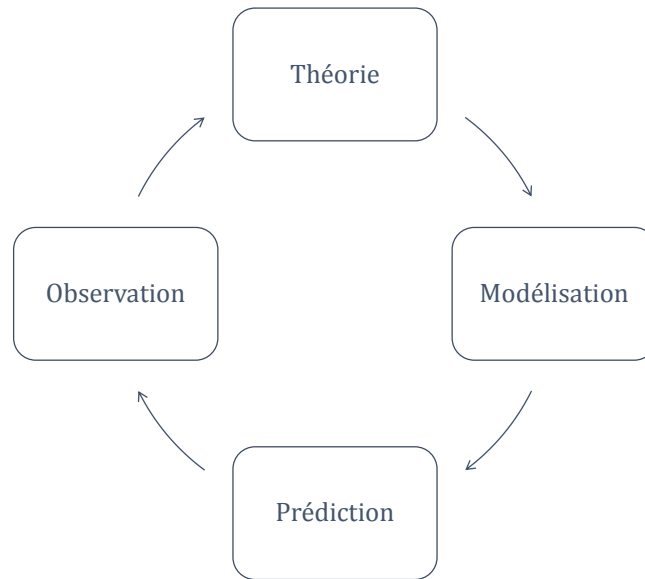


FIGURE 2.1 – Cycle de la méthode scientifique

Exemple 2.1 Valeur conditionnelle des dégâts.

La valeur des dégâts d'un site sinistré sera conditionnelle à l'intervention ou la non-intervention des pompiers¹. En effet, nous distinguerons les dégâts lorsqu'il y a intervention des dégâts lorsqu'il n'y a pas intervention, puisque les deux valeurs peuvent être différentes². Et, ce qui importe ici, est de n'inférer, de l'événement « $inter = 0$ », rien d'autre que la non-intervention des pompiers. Nous pourrions nous poser la question de la justification de la non-intervention, ou bien des conséquences à long-terme d'une non-intervention, mais ce n'est pas le propos ici puisque la non-intervention est théorique.

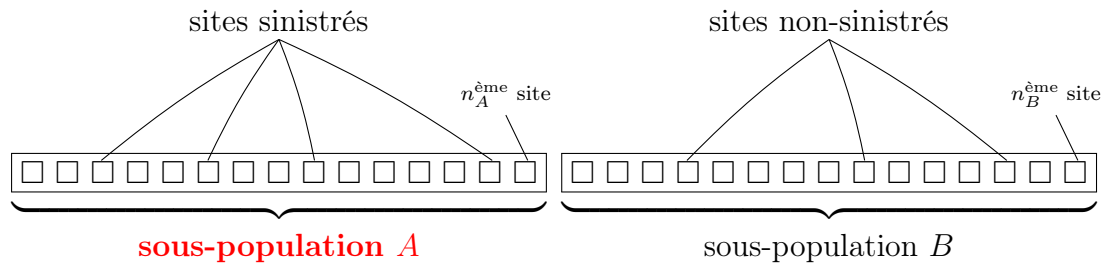
Un modèle mathématique a du sens si, à partir d'hypothèses simples ou peu nombreuses, il peut en découler un résultat « simple » au sens où sa facilité d'application permet de le confronter aux observations ou à l'expérimentation. Ainsi, certaines relations particulières entre des variables peuvent être mises en évidence et peuvent permettre une meilleure compréhension de certains mécanismes, ce qui est l'objectif d'une modélisation, comme celle de la valeur du sauvé.

1. On le verra plus précisément dans la caractérisation théorique du sauvé – section 2.2.2, page 16.

2. En fait, elles seront égales uniquement lorsque la valeur des dégâts est maximale avant même l'intervention des pompiers, c'est-à-dire lorsque les dégâts seront les mêmes qu'il y ait, ou non, intervention.

2.1.2 Caractérisation théorique du sauvé

L'objectif de cette sous-section est de déterminer la valeur du sauvé pour un ensemble d'une population de sites. Prenons une population de sites, de taille n . Dans un premier temps, nous voulons savoir, parmi cette population, quelle proportion sera sinistrée sur une période donnée et quelle proportion ne le sera pas. Subdivisons tout d'abord la population n en deux sous-populations : une sous-population A de sites sinistrés – de taille n_A – et une sous-population B de sites non-sinistrés – de taille n_B . Intéressons-nous uniquement à la sous-population A .



Dans celle-ci, nous voulons déterminer la valeur qui a pu être sauvée, c'est-à-dire le montant des dégâts qui ont été évités. Pour cela, nous allons distinguer et comparer deux scénarios :

- l'un dans lequel nous supposons que les pompiers interviennent dans tous les cas ;
- l'autre dans lequel nous supposons que les pompiers n'interviennent jamais – ou plus simplement, que les pompiers n'existent pas.

Formellement, nous allons créer une variable *intervention* qui sera notée « inter » et qui prendra deux valeurs : « inter = 1 » pour intervention et « inter = 0 » pour non-intervention. Ces deux scénarios sont extrêmes et aucun d'eux ne reflètent la réalité, mais nous supposerons que le premier scénario s'approche le plus des observations.

Hypothèse 2.1. ³ Supposons que les pompiers interviennent toujours, dans tous les cas. Alors, le montant des dégâts quand il y a intervention pourra être mesurable, en tout cas estimable. Nous chercherons alors à estimer le montant des dégâts quand il n'y a pas intervention dans la partie modélisation.

3. On discutera des hypothèses dans la section 3.2.1, page 27.

Une particularité de ces deux scénarios est qu'ils ne peuvent se réaliser simultanément. Et puisque l'on suppose que notre variable « inter » sera toujours égale à 1, il nous sera impossible d'observer les cas où « inter = 0 ». Cet événement est appelé événement contrefactuel.

Événement contrefactuel. Un événement contrefactuel est un événement fictif, virtuel qui aurait pu se produire, mais qui ne s'est pas produit.

Un événement contrefactuel n'est qu'un scénario non-réalisé. Si les pompiers n'intervenaient pas sur un site, l'événement contrefactuel serait alors la l'intervention dans ce cas-là. Appliqué à notre champs d'étude, que se serait-il passé s'il n'y avait pas eu intervention ? Quels dégâts se seraient produits s'il n'y avait pas eu intervention ? Et c'est précisément cette question que l'on souhaite résoudre pour déterminer, en partie, ce qui peut être sauvé par les pompiers.

Revenons maintenant à nos deux scénarios, et comparons la valeur des dégâts – que l'on note x – qui se produisent dans chacun des deux scénarios.

- Dégâts qui se produisent lorsqu'il y a intervention – que l'on note $(x|inter = 1)$ – que l'on observe ; et
- Dégâts qui se produisent lorsqu'il n'y a pas intervention – que l'on note $(x|inter = 0)$ – que l'on ne peut pas observer.

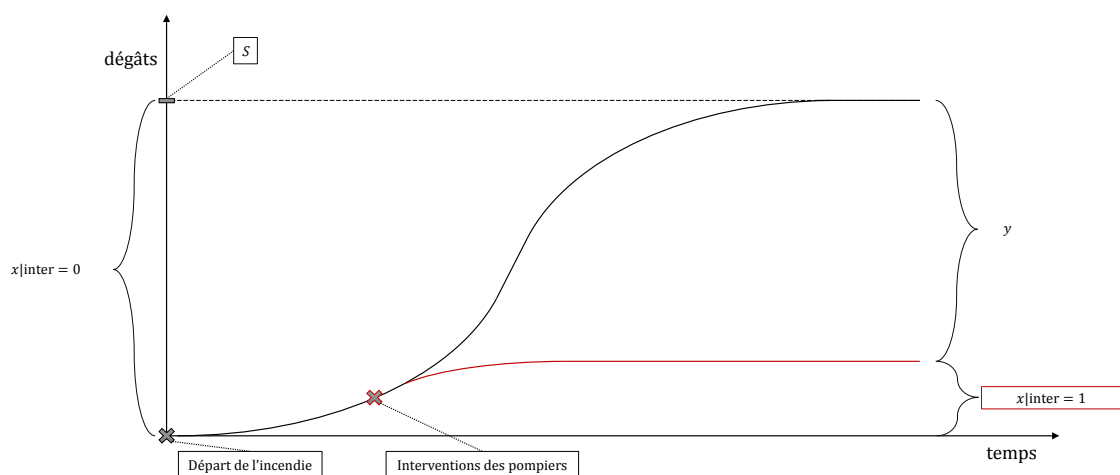


FIGURE 2.2 – Évolution dégâts en fonction du temps

La figure 2.2 représente l'évolution des dégâts en fonction du temps pour mieux comprendre les différentes valeurs possibles des dégâts. Juste après le départ de l'incendie, les dégâts augmentent suivant une courbe approchant une courbe sigmoïde⁴. Une telle courbe est utilisée puisqu'elle a la particularité d'avoir une faible pente à partir du point d'origine, puis une plus forte pente et enfin une pente plus douce pour atteindre l'asymptote $y = S$ ce qui est tout à fait semblable aux études de terrain⁵. Dans le cas de non-intervention, les dégâts augmenteront jusqu'à atteindre la valeur initiale S_i du site i . Dans le cas d'une intervention, les pompiers maîtriseront l'incendie⁶ et les dégâts seront alors maintenus à niveau constant dans le temps. La différence entre ces deux scénarios permet d'exprimer ce que les pompiers ont sauvé.

Finalement, la valeur de ce qui est sauvé n'est rien d'autre que la valeur des dégâts qui se produisent lorsqu'il n'y a pas intervention déduite de la valeur des dégâts lorsqu'il y a intervention. Soit,

$$\left(x|\text{inter} = 0\right) - \left(x|\text{inter} = 1\right)$$

Cette formulation sera le point de départ de notre modélisation, que nous développerons et estimerons par de nouvelles variables plus quantifiables.

4. Une fonction sigmoïde – aussi appelée *courbe en S* – est un cas particulier de la fonction logistique comprise entre 0 et 1. Ce n'est pas tout à fait le cas de notre fonction ici, mais c'est la forme de la courbe qui nous intéresse.

5. De plus, cette courbe a été utilisée dans le mémoire de Cécile Canouet (Valorisation économique de l'activité opérationnelle des sapeurs-pompiers) de 2016, p. 26.

6. C'est l'une des hypothèses que l'on verra plus en détail dans le chapitre 3.

2.1.3 Notations

En mathématiques, les notations servent à condenser et formaliser les énoncés. Elles permettent, après avoir été définies, d'améliorer la lisibilité et la clarté de la modélisation d'une théorie. Voici une brève liste des notations qui seront utilisées.

x_i	valeur de la variable x pour la $i^{\text{ème}}$ observation ;
x_{i_j}	valeur de la variable x pour la $i_j^{\text{ème}}$ observation appartenant à la sous-population j ;
$x y$	valeur de la variable x conditionnée au résultat de l'événement y ;
$x \equiv y$	x est équivalent à y , ou y est défini par x ;
$\mathbb{E}(x)$	espérance de x . ⁷

De plus, la table 2.1 exprime la définition de chaque variable qui seront utilisées dans la modélisation.

Variable	Définition
p	nom de la population étudiée
n	taille de la population p – nombre total de sites
A	nom de la sous-population « sites sinistrés »
n_A	taille de la sous-population A – nombre de sites sinistrés
B	nom de la sous-population « sites non-sinistrés »
n_B	taille de la sous-population B – nombre de sites non-sinistrés
y	valeur du sauvé d'un site
Y	valeur agrégée du sauvé – somme des valeurs du sauvé de tous les sites
x	valeur des dégâts d'un site
S	valeur initiale d'un site
M	valeur du sauvé par les moyens internes dont dispose un site
inter = 1	intervention
inter = 0	non-intervention

TABLE 2.1 – Liste des variables utilisées

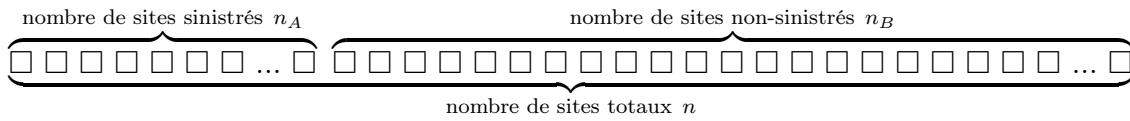
7. Autrement appelée « moyenne de x ».

2.2 Modélisation

2.2.1 Définition des objets d'étude

Considérons une population p donnée de sites $i = 1, \dots, n$ – de taille n – sur laquelle les pompiers interviennent sur une période donnée subdivisée en deux sous-populations :

- une sous-population A de sites sinistrés $i_A = 1, \dots, n_A$ – de taille n_A ;
- une sous-population B de sites non-sinistrés $i_B = 1, \dots, n_B$ – de taille n_B .



avec $n = n_A + n_B$.

2.2.2 Caractérisation économique du sauvé

Caractérisons maintenant la valeur totale du sauvé sur l'ensemble de la population p , en reprenant la formulation établie en section 2.1.2.

$$Y \equiv \sum_{i_A=1}^{n_A} y_{i_A}$$

$$\iff Y = \sum_{i_A=1}^{n_A} \left(x_{i_A} | \text{inter} = 0 - x_{i_A} | \text{inter} = 1 \right) \quad (2.1)$$

avec Y la valeur totale du sauvé et x_{i_A} la valeur des dégâts d'un site i_A ; dans l'ensemble de la sous-population A .

- $(x_{i_A} | \text{inter} = 0)$ est la valeur contrefactuelle des dégâts, soit, la valeur des dégâts lorsque les pompiers n'interviennent pas sur le site i_A ;
- $(x_{i_A} | \text{inter} = 1)$ est la valeur réelle des dégâts, soit, la valeur du détruit lorsque les pompiers interviennent sur le même site i_A .

La valeur totale du sauvé est égale à la somme des différences entre les dégâts quand il n'y a pas intervention et les dégâts quand il y a intervention, pour chaque site sinistré. Ces deux valeurs des dégâts ne peuvent être connues simultanément. En effet, les pompiers intervenant sur tous les incendies – cf. [Hypothèse 2.1](#) –, il est aisé de connaître la valeur de $(x_{i_A}|\text{inter} = 1)$, mais il devient alors impossible de connaître $(x_{i_A}|\text{inter} = 0)$. Cependant, nous pouvons tenter d'estimer $(x_{i_A}|\text{inter} = 0)$ avec une hypothèse simple.

Hypothèse 2.2. En l'absence de l'intervention des pompiers, on va supposer que le site sera complètement détruit.

En outre, il faut préciser que nous souhaitons négliger la propagation de l'incendie à d'autres sites qui aurait rendu le modèle bien plus complexe.

Estimation 2.1. Si l'on considère que les dégâts $x_{i_A}|\text{inter} = 0$ détruisent complètement le site i_A , alors le montant de ces dégâts sera « maximal » et tendra vers la valeur initiale du site. Définissons la valeur initiale d'un site i par S_i .

Alors, en reprenant l'équation (2.1),

$$\begin{aligned}
 Y &= \sum_{i_A=1}^{n_A} \left(x_{i_A}|\text{inter} = 0 - x_{i_A}|\text{inter} = 1 \right) \\
 &\iff Y = \sum_{i_A=1}^{n_A} \left(\textcolor{red}{S}_{i_A} - x_{i_A}|\text{inter} = 1 \right) \\
 &\iff Y = \underbrace{\sum_{i_A=1}^{n_A} S_{i_A}}_{(i)} - \underbrace{\sum_{i_A=1}^{n_A} x_{i_A}|\text{inter} = 1}_{(ii)} \tag{2.2}
 \end{aligned}$$

Interprétons cette valeur totale du sauvé. Elle est la différence entre

- (i) la somme des valeurs initiales des sites sinistrés ; et
- (ii) la somme des dégâts des sites sinistrés lorsque les pompiers interviennent.

Maintenant que nous avons estimé les dégâts lorsqu'il n'y a pas intervention par la valeur initiale d'un site, nous pouvons avoir une autre vision de la figure 2.2.

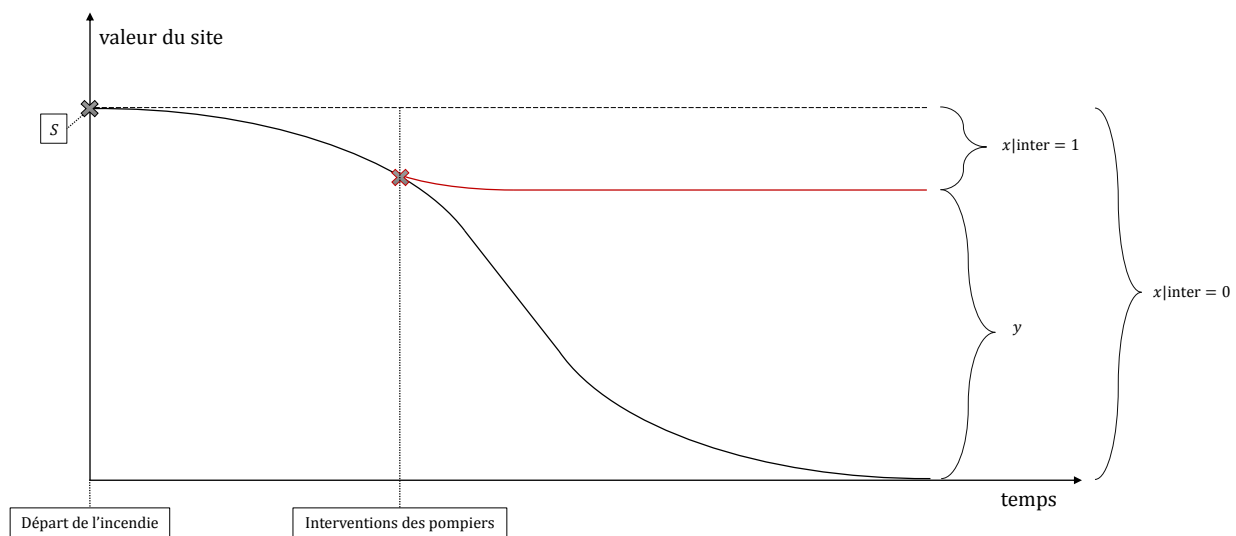


FIGURE 2.3 – Valeur d'un site en fonction du temps

La figure 2.3 exprime l'évolution de la valeur d'un site en fonction du temps, la valeur d'un site étant égal, ici, à la valeur initiale du site déduite des dégâts survenus. Lorsqu'un incendie se déclare, la valeur du site va progressivement baisser en suivant la même courbe sigmoïde que la figure 2.2.⁸

8. La même, au détail près qu'elle est « retournée », puisque la valeur du site dépend *négativement* du temps lorsqu'un incendie se déclare, à l'inverse de la courbe de la figure 2.2 dont les dégâts dépendent *positivement* du temps lorsqu'un incendie se déclare.

Estimation 2.2. Si nous n'avons pas – ou difficilement – la connaissance de la somme totale des valeurs initiales des sites sinistrés, nous allons l'estimer par une autre valeur que nous découvrirons à l'équation (2.3). Il faut pour cela supposer que la valeur initiale moyenne d'un site *sinistré* i_A (iii) soit équivalente à la valeur initiale moyenne d'un site *quelconque* i (iv).

Cette estimation permet surtout d'exprimer des faits intéressants que nous préciserons à la fin du développement mathématique. Reprenons l'équation (2.2),

$$Y = \boxed{\sum_{i_A=1}^{n_A} S_{i_A}} - \sum_{i_A=1}^{n_A} x_{i_A} |_{\text{inter}} = 1$$

On multiplie des deux côtés par $\frac{1}{n_A}$ pour faire apparaître la valeur initiale moyenne d'un site sinistré (iii).

$$\Longleftrightarrow \quad \frac{1}{n_A} \times Y = \underbrace{\frac{1}{n_A} \times \sum_{i_A=1}^{n_A} S_{i_A}}_{(iii)} - \frac{1}{n_A} \times \sum_{i_A=1}^{n_A} x_{i_A} |_{\text{inter}} = 1$$

On remplace alors (iii) par (iv).

$$\Longleftrightarrow \quad \frac{1}{n_A} \times Y = \frac{1}{\textcolor{red}{n}} \times \underbrace{\sum_{\textcolor{red}{i}=1}^{\textcolor{red}{n}} S_{\textcolor{red}{i}}}_{(iv)} - \frac{1}{n_A} \times \sum_{i_A=1}^{n_A} x_{i_A} |_{\text{inter}} = 1$$

On multiplie des deux côtés par n_A pour isoler Y .

$$\begin{aligned}
 \Leftrightarrow \quad & \frac{\cancel{n_A}}{\cancel{n_A}} \times Y = n_A \times \left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n S_i - \frac{1}{n_A} \times \sum_{i_A=1}^{n_A} x_{i_A} |_{\text{inter} = 1} \right) \\
 \Leftrightarrow \quad & Y = \frac{n_A}{n} \times \sum_{i=1}^n S_i - \frac{\cancel{n_A}}{\cancel{n_A}} \times \sum_{i_A=1}^{n_A} x_{i_A} |_{\text{inter} = 1} \\
 \Leftrightarrow \quad & Y = \boxed{\frac{n_A}{n} \times \sum_{i=1}^n S_i} - \sum_{i_A=1}^{n_A} x_{i_A} |_{\text{inter} = 1} \tag{2.3}
 \end{aligned}$$

Nous avons pu déterminer Y comme étant la différence entre

- le ratio du nombre de sites sinistrés par le nombre de sites totaux multiplié par la somme des valeurs initiales dans la population p ; et
- la somme des dégâts lorsqu'il y a intervention dans la population n_A .

Nous remarquons que le terme $\frac{n_A}{n}$ joue le rôle de la probabilité qu'un sinistre ait lieu. L'avantage de cette estimation réside dans la structure particulière du terme encadré dans l'équation (2.3).

En effet, nous pouvons désormais observer si une variation de ce terme est dû

- à une variation du nombre de sites sinistrés n_A ; et/ou
- à une variation de la valeur initiale moyenne d'un site $\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n S_i$; qu'on peut elle-même expliquer par
 - une variation du nombre de sites n ; et/ou
 - une variation des valeurs initiales des sites $\sum_{i=1}^n S_i$;

faits que l'on ne pouvait pas observer avec l'équation (2.2). En d'autres termes, cela signifie que nous pouvons, *a minima*, expliquer la provenance de la variation de la valeur totale des dégâts lorsque les pompiers n'interviennent pas.

2.2.3 Valeur moyenne du sauvé

On peut déduire, de l'équation (2.3), la valeur moyenne du sauvé, que l'on note $\mathbb{E}_{n_A}[y]$.

$$\begin{aligned}\mathbb{E}_{n_A}[y] &= \frac{1}{n_A} \times \sum_{i_A=1}^{n_A} y_{i_A} \\ &= \frac{1}{n_A} \times Y\end{aligned}$$

En incluant l'équation (2.3),

$$\begin{aligned}&= \frac{1}{n_A} \times \left(\frac{n_A}{n} \times \sum_{i=1}^n S_i - \sum_{i_A=1}^{n_A} x_{i_A} | \text{inter} = 1 \right) \\ &= \frac{\cancel{n_A}}{\cancel{n_A} \times n} \times \sum_{i=1}^n S_i - \frac{1}{n_A} \times \sum_{i_A=1}^{n_A} x_{i_A} | \text{inter} = 1 \\ &= \mathbb{E}_n[S] - \mathbb{E}_{n_A}[x | \text{inter} = 1]\end{aligned}\tag{2.4}$$

La valeur moyenne du sauvé d'un site i_A est définie par la valeur initiale moyenne d'un site i déduite de la valeur moyenne des dégâts d'un site i_A .

Chapitre 3

Application générale aux données assurantielles

L'objectif de ce chapitre est de reprendre la théorie du chapitre 2 en l'appliquant aux données du monde assurantiel. Pour cela, nous allons parler des approximations nécessaires au calcul, définir les limites du domaine d'étude et proposer une classification d'ERP et d'industries.

3.1 Ajustements du modèle

Reprenons notre population p . Elle est toujours subdivisée en A et B . Cependant, p représentera désormais la population de sites situés sur le territoire français – *i.e.* que les pompiers défendent en France. Toujours sur une période donnée – une année par exemple –, reprenons l'équation (2.3),

$$Y = \frac{n_A}{n} \times \sum_{i=1}^n \boxed{S_i} - \sum_{i_A=1}^{n_A} \boxed{x_{i_A} | \text{inter} = 1}$$

valeur des dégâts lorsqu'il y a intervention
 nombre de sites sinistrés
 nombre total de sites
 valeur initiale d'un site i

Ces quatre variables que l'on doit déterminer pour connaître la valeur de Y ne sont pas aisées à trouver. On va alors s'aider d'estimations grâce aux données assurantielles.

- le nombre de sites sinistrés et le nombre total de sites peuvent être approchés par le nombre de sites *assurés* – en distinguant ceux qui sont sinistrés durant la période donnée et ceux qui ne le sont pas ;
- la valeur initiale d'un site sera approchée par la valeur de remplacement assurée d'un site ;
- la valeur des dégâts lorsqu'il y a intervention sera approximée par les indemnités versées en cas de sinistre.

Nous allons détailler les deux derniers points dans les sous-sections suivantes.

3.1.1 La valeur initiale d'un site

L'approximation que nous souhaitons faire est la suivante :

$$S_i \approx \text{valeur de remplacement assurée}_i$$

Nous partons du principe que tous les sites s'assurent au maximum, c'est-à-dire protègent absolument tous leurs biens, équipements et structures. Or, il est très probable que cette situation n'existe pas en France, puisque certains sites pourraient décider de ne pas s'assurer de façon maximale étant données les primes potentiellement élevées. Donc, cette approximation devrait avoir pour particularité de relativement « sous-évaluer » la valeur du sauvé dans le sens où

$$S_i \gtrapprox \text{valeur de remplacement assurée}_i$$

De plus, il est préférable de « minimiser » la valeur du sauvé. Proposer une valeur minimum donnera un ordre d'idées sans être dans des valeurs extrêmes.

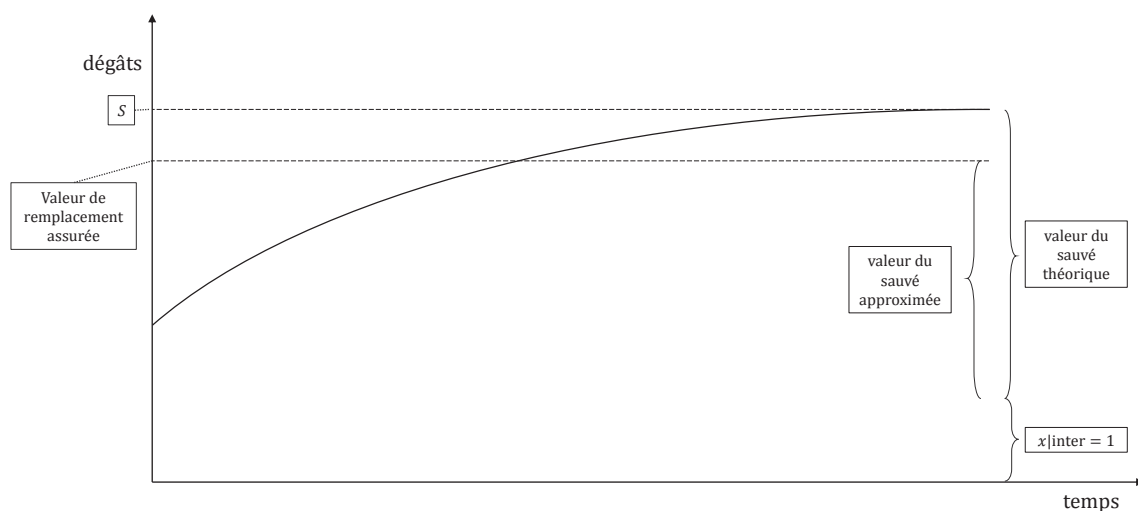
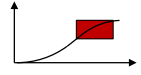


FIGURE 3.1 – Estimation de la valeur initiale d'un site

On peut observer, sur la figure 3.1 – qui est un grossissement de la figure 2.2 – le comportement de la valeur du sauvé lorsque l'approximation est introduite. La valeur du sauvé calculée est donc moindre que la valeur du sauvé théorisée dans le chapitre précédent.



3.1.2 Les dégâts survenus lorsqu'il y a intervention

Ici, nous souhaitons faire l'approximation suivante :

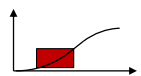
$$\left(x_{i_A} | \text{inter} = 1\right) \approx \text{indemnités versées}_{i_A}$$

De la même manière, on estime que les indemnités versées refléteront parfaitement les dégâts survenus. Or, ces derniers sont souvent supérieurs aux indemnités, donc

$$\left(x_{i_A} | \text{inter} = 1\right) \gtrapprox \text{indemnités versées}_{i_A}$$

En effet, une assurance peut émettre des contraintes quant au remboursement des indemnités suite à un sinistre, comme des franchises. Également, l'assurance peut rechercher une responsabilité du sinistre auprès du site en question et qui, si elle est avérée, réduira drastiquement les indemnités versées. Ces limites traduisent une valeur des dégâts plus faible que dans la réalité.

Cette estimation ne « minimise » donc pas la valeur du sauvé, mais tend à la rendre un peu plus élevée qu'elle ne devrait être, comme on peut également l'observer sur la figure 3.2 – qui est elle aussi un grossissement de la figure 2.2 mais sur une autre partie de la courbe.



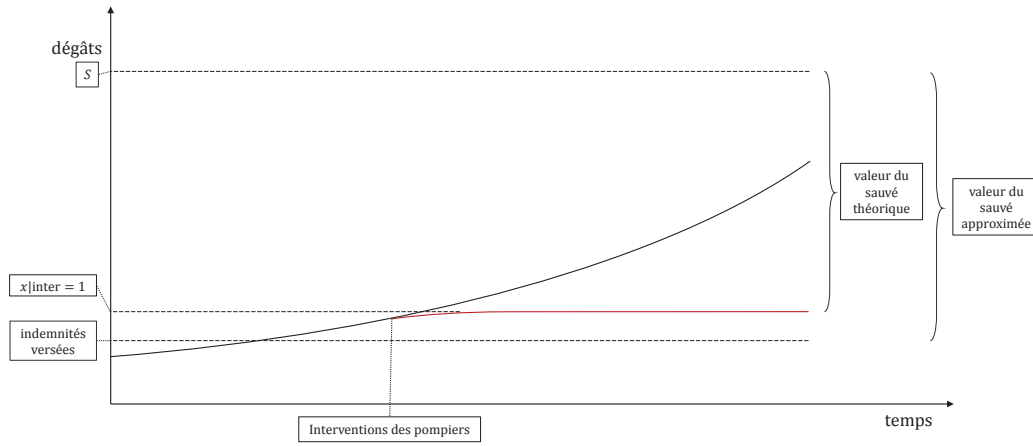


FIGURE 3.2 – Estimation des dégâts lorsqu'il y a intervention

Finale­ment, on peut supposer que les effets des deux estimations se contre-balancent et reflètent correcte­ment la valeur du sauvé. Nous aboutissons alors sur une nouvelle formulation de la valeur du sauvé.

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{n_A}{n} \times \sum_{i=1}^n [S_i] - \sum_{i_A=1}^{n_A} [x_{i_A} | \text{inter} = 1] \\
 &= \frac{n_A}{n} \times \sum_{i=1}^n [\text{valeur de remplacement}_i] - \sum_{i_A=1}^{n_A} [\text{indemnités versées}_{i_A}] \quad (3.1)
 \end{aligned}$$

3.2 Spécifications de la modélisation

3.2.1 Discussion sur les hypothèses posées

Hypothèse 2.1 : Intervention des pompiers dans tous les cas.

Nombreux sont les appels passés aux pompiers et ceux-ci n'interviennent pas sur chaque appel reçu. Il y a plusieurs raisons à cela. Analysons plus en détail le nombre et la nature des appels

reçus par les pompiers. Les statistiques collectées sont issues du Centre de Traitement des Appels (CTA) des Bouches-du-Rhône.

Tout d'abord, observons sur la figure 3.3 comment peut être structuré la nature d'un appel. Précisons qu'un appel est non-abouti lorsque l'utilisateur qui compose le numéro d'urgence raccroche sans que l'opérateur du CTA n'ait eu le temps de recevoir l'appel – la sonnerie se déclenchant au CTA une fois le message introductif de l'appel terminé – dans la grande majorité des cas.

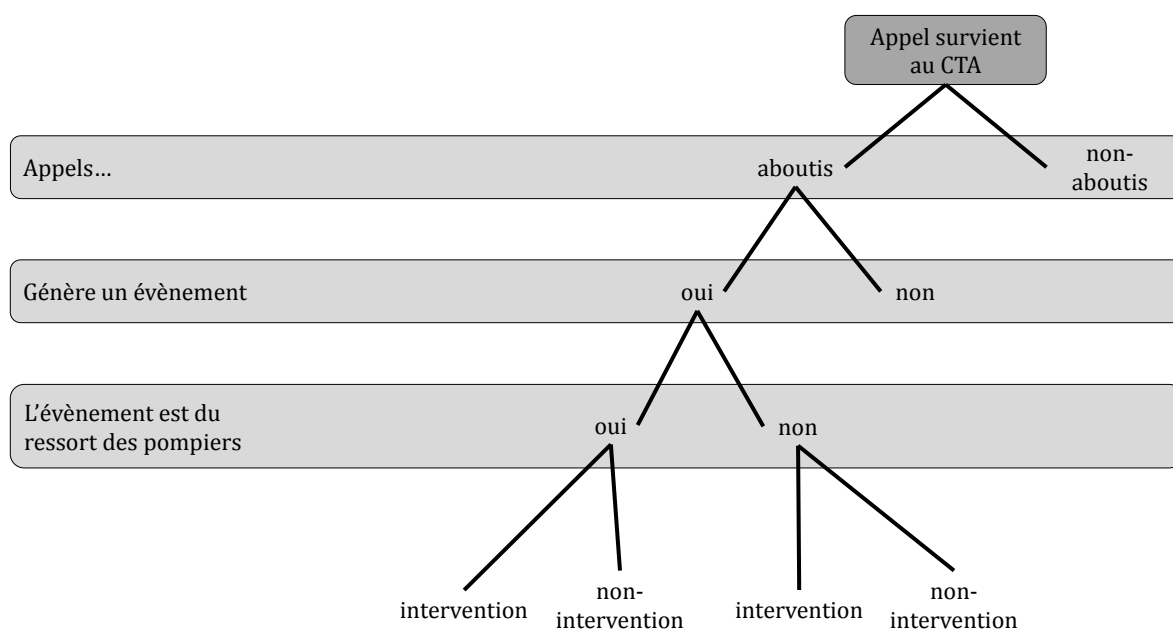


FIGURE 3.3 – Traitement d'un appel

En 2017, dans les Bouches-du-Rhône, près de 440 000 appels ont été passés au CTA, soit en moyenne 1 200 par jour. Parmi ces appels, environ 270 000 – soit 60% des appels reçus – n'ont pas généré d'événement : le problème a pu être résolu sans donner lieu à une intervention, par exemple. Et, parmi ceux qui ont généré un événement – environ 170 000 – nous devrions distinguer ceux qui sont du ressort des pompiers de ceux qui ne le sont pas. En réalité, c'est la première tâche de l'opérateur du CTA. Cette tâche importante permet d'emblée d'identifier les cas où :

- il est du ressort des pompiers d'intervenir mais ils n'interviennent pas ; et où
- il n'est pas du ressort des pompiers d'intervenir mais ils interviennent tout de même.

Ces deux possibilités ne se produisent que rarement grâce aux compétences des opérateurs du CTA.

Alors que sur les 170 000 événements réalisés, 140 000 ont fait l'objet d'une intervention, la majorité des 30 000 qui n'ont pas donné lieu à une intervention est en fait des transferts d'appels aux autorités compétentes – le 115, les forces de l'ordre, etc.

L'hypothèse est donc plutôt plausible et tend à s'approcher de la réalité.

De plus, s'il y avait un événement nécessitant l'intervention des pompiers mais que ces derniers auraient décidé du contraire quelle que soit la raison, des sanctions d'ordre pénales ou administratives auraient lieu dans les cas où la raison d'une non-intervention serait injustifiée. Ce cas-là est si rare en volume qu'il peut être négligé. Toutefois, il faut noter que dans ces rares cas, les sanctions peuvent être très importantes et coûter très cher.

Hypothèse 2.2 : Destruction du site lorsqu'il n'y a pas intervention.

Cette hypothèse présente l'avantage de procéder facilement à l'[Estimation 2.1](#). Cependant, elle est relativement difficile à vérifier. Une étude approfondie sur un nombre significatif d'interventions pourrait indiquer la tendance de l'importance des dégâts si les pompiers n'étaient pas intervenus. En effet, leur expertise leur permet souvent d'estimer si oui ou non, le site entier aurait été détruit sans leur intervention. En se basant sur une telle étude, il serait possible de confirmer ou de nuancer cette hypothèse.

3.2.2 Discussion sur les estimations émises

[Estimation 2.1](#) : Valeur initiale d'un site comme étant le montant des dégâts lorsqu'il n'y a pas intervention.

Naturellement, si la destruction du site est totale, il peut être juste de l'estimer par la valeur initiale du site, valeur plus mesurable, sachant que dans ce contexte, la valeur initiale d'un site signifie la valeur d'un site juste avant l'incident, c'est-à-dire usure des équipements compris.

Cette estimation est tirée de l'[Hypothèse 2.2](#) créée *ad hoc*.

Estimation 2.2 : Valeur initiale moyenne d'un site i comme étant la valeur initiale moyenne d'un site i_A .

L'hypothèse posée était présentée sous cette forme.

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i = \frac{1}{n_A} \sum_{i_A=1}^{n_A} S_{i_A}$$

Cette estimation présente l'avantage d'introduire la proportion du nombre de sites sinistrés n_A par rapport au nombre total de sites n . Puis, il n'est pas aberrant de dire qu'en moyenne, un site sinistré aura la même valeur initiale qu'un site non-sinistré. C'est-à-dire que la valeur d'un site ne conditionne pas sa probabilité d'être sinistré.

Il serait cependant plus prudent de vérifier cette estimation de façon empirique.

3.2.3 Conséquences directes des dégâts survenus

Les dégâts provoquent des conséquences que nous ne prenons pas en compte dans le modèle. Ils provoquent éventuellement des pertes d'exploitation et des pertes d'emploi. Ces deux conséquences – non-exhaustives¹ – doivent également être conditionnées à l'intervention.

Les pertes d'exploitation

Notons pe_x les pertes d'exploitation. Alors,

$$\left(pe_x | \text{inter} = 0 \right) - \left(pe_x | \text{inter} = 1 \right)$$

1. En effet, l'impact environnemental, certes difficilement mesurable, est également une conséquence des dégâts survenus. De même, peuvent s'ajouter les préjudices corporels et moraux sur la population impliquée.

représente les pertes d'exploitations sauvées. Dès lors que

$$\left(pex | \text{inter} = 0 \right) \geq \left(pex | \text{inter} = 1 \right)$$

les pertes d'exploitations sauvées seront positives. Et, il est raisonnable de penser que les pertes d'exploitations seront plus élevées lorsqu'il n'y a pas intervention que lorsqu'il y a intervention. Tant que l'intervention des pompiers crée de la valeur du sauvé positive, des dégâts supplémentaires sont évités. Les dégâts évités se traduisent par des équipements, bâtiments et stocks partiellement ou totalement sauvés. Or, c'est bien la combinaison de ces trois facteurs avec la main d'œuvre, que de l'exploitation est réalisée.

De façon plus claire, il est raisonnable de penser que les pertes d'exploitations seront positivement liées aux dégâts survenus, et donc négativement liées aux dégâts sauvés. Alors, à partir du moment où la valeur du sauvé est positive, les pertes d'exploitations sauvées seront positives elles aussi.

L'inclusion de cette variable dans la modélisation, sans l'aide de données à l'appui, est difficilement réalisable puisque difficilement mesurable à grande échelle. Un approfondissement au cas par cas se révélerait trop fastidieux pour une étude de cette envergure.

La non prise en compte de cette variable va toutefois sous-estimer la valeur du sauvé.

La perte d'emploi

De la même manière, en notant pem les pertes d'emploi,

$$\left(pem | \text{inter} = 0 \right) - \left(pem | \text{inter} = 1 \right)$$

représente les pertes d'emploi sauvées.

Les pertes d'emploi peuvent s'exprimer de manière tout à fait similaire. On peut avoir le même raisonnement avec les pertes d'emploi dès lors que l'on estime que celles-ci dépendent négativement des dégâts sauvés – c'est-à-dire que plus le sauvé augmente, plus les pertes d'emploi

diminuent, et donc les pertes d'emploi sauvées augmentent.

Un modèle comprenant ces deux conséquences serait, *a priori*, plus robuste puisqu'il contiendrait plus de variables. Il devrait alors être plus précis. Cependant, il faut pouvoir mesurer ces variables afin d'en résulter une valeur pour Y , ce qui se révélerait être très fastidieux dans une étude comme celle-ci et il a été fait le choix de ne pas se préoccuper de ces deux conséquences tout en rappelant qu'une inclusion de celles-ci dans une modélisation plus précise réajusterait la valeur du sauvé à la hausse. En conclusion, ne pas compter ces pertes dans la valeur du sauvé la sous-évalue.

3.2.4 Scénarios non pris en compte

Les scénarios opposés majeurs modélisés sont les suivants :

$$\begin{cases} \text{inter} = 0 \\ \text{inter} = 1 \end{cases}$$

La variable principale que nous utilisons, les dégâts, est alors exprimée conditionnellement aux différents scénarios.

Cependant, on pourrait modéliser d'autres scénarios. Ceux-ci ne viendrait pas augmenter la valeur du sauvé, mais viendrait plutôt en préciser sa ventilation. En effet, en théorie, la formulation de la valeur du sauvé par le scénario de l'intervention inclut implicitement d'autres scénarios que nous ne mesurons pas.

Plusieurs scénarios ont donc volontairement été négligés afin de ne pas surcharger le modèle, notamment :

- la **prévention** : « C'est l'ensemble des mesures à adapter pour éviter autant que possible les manifestations d'un risque. Si ce risque se produit, ces mesures tendent à en limiter les effets même en cas de défaillance humaine. » ; et

- la **prévision** : « C'est l'ensemble des mesures visant à déceler un risque dès son origine et à permettre la mise en œuvre rapide et efficace des moyens d'intervention. » ²

Formellement, nous pourrions réécrire la valeur du sauvé, comme étant fondamentalement :

$$\begin{aligned}
 Y = & \sum_{i_A=1}^{n_A} \left[\left(x_{i_A} | \text{scénario}_1 = 0 \right) - \left(x_{i_A} | \text{scénario}_1 = 1 \right) \right] \\
 & + \sum_{i_A=1}^{n_A} \left[\left(x_{i_A} | \text{scénario}_2 = 0 \right) - \left(x_{i_A} | \text{scénario}_2 = 1 \right) \right] \\
 & + \dots \\
 & + \sum_{i_A=1}^{n_A} \left[\left(x_{i_A} | \text{scénario}_S = 0 \right) - \left(x_{i_A} | \text{scénario}_S = 1 \right) \right]
 \end{aligned}$$

De même manière,

$$Y = \sum_{s=1}^S \sum_{i_A=1}^{n_A} \left[\left(x_{i_A} | \text{scénario}_s = 0 \right) - \left(x_{i_A} | \text{scénario}_s = 1 \right) \right] \quad (3.2)$$

avec $s = 1, \dots, S$ scénarios.

L'intervention et la non-intervention ont été choisis comme étant les seuls scénarios étudiés dans le modèle. Ces scénarios présentent un avantage à être étudiés. Tout d'abord, l'intervention peut être mesurable – comme nous le faisons en section 3.1.2 – tandis que la non-intervention ne peut pas être mesurée telle quelle, elle doit être *estimée*. A travers l'[Hypothèse 2.1](#), elle est ainsi estimée et peut être alors mesurable à son tour.

En revanche, la non-prévention est un scénario difficilement estimable. Il doit probablement jouer sur la rapidité d'un incendie à brûler et à se propager. Pour que le scénario « prévention » puisse être tenté d'estimer, il faudrait inclure une temporalité plus précise au sein du modèle, ce qui n'a volontairement pas été fait pour des raisons que l'on évoque depuis le début de ce chapitre, la simplicité d'exécution d'un modèle tel que celui-ci.

De plus, pour ne pas complexifier le modèle existant, on considère dans un premier temps que $(x_{i_A} | \text{prev} = 0) - (x_{i_A} | \text{prev} = 1)$ – soit les effets de la prévention sur les dégâts – est négligeable.

2. Définitions de l'organisation du corps départemental des sapeurs-pompiers professionnels de la Gironde.

Mais, il pourrait tout à fait être considéré que la prévention permet de réduire la probabilité qu'il arrive un incendie, par exemple.

Pour conclure cette section 3.2, nous souhaitons donner un aperçu général sur le sens des erreurs fait par les différentes estimations, hypothèses ou négligence de scénarios.

Variable	Type de variable	Prise en compte dans le modèle	Effet de la prise en compte sur la valeur du sauvé
valeur de remplacement assurée	approximation	incluse	↘
indemnités versés	approximation	incluse	↗
valeur initiale d'un site	estimation	incluse	→
pertes d'exploitations	conséquence	non-étudiée	↘
pertes d'emploi	conséquence	non-étudiée	↘
prévention	scénario	négligé	→
prévision	scénario	négligé	↘

TABLE 3.1 – Récapitulatif du sens des erreurs faits par les ajustements

On peut prudemment conclure que les ajustements tendent à créer une erreur par défaut étant donné que seules les indemnités versées sur-estiment le calcul de la valeur du sauvé.

3.3 Classification du champs d'étude

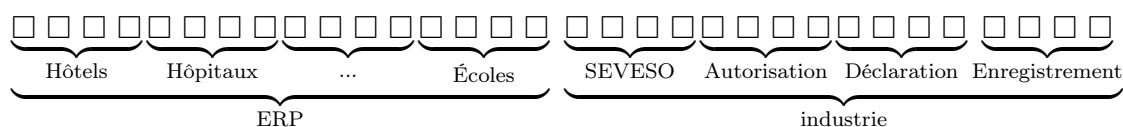
La valeur moyenne du sauvé peut se calculer alors de façon générale – i.e. sur la population totale de sites –, afin d'avoir une vue d'ensemble. Mais pour gagner en précision, et parce-qu'il est très probable que la totalité des sites ne soit pas un groupe homogène³, nous allons diviser l'ensemble des sites en sous-groupes.

Reprenons notre population p de sites, en oubliant pour le moment les deux-sous populations A et B et concentrons-nous sur la division de la populations en sous-groupes : les ERP et l'industrie.



3. Ici, on suppose plus précisément qu'un groupe aura sa valeur moyenne initiale plus grande qu'un autre groupe. Il en nous reste qu'à trouver ces groupes.

et plus précisément,



Les sous-groupes exposés ci-dessus sont le résultat de classifications déjà existantes dans les cas des ERP et de l'industrie. Nous allons les détailler plus précisément dans les deux prochaines sous-sections.

3.3.1 ERP

Les types d'ERP (hôtels, hôpitaux, écoles, etc.) sont trop nombreux et nous souhaitons regrouper les types les plus similaires. En effet, voici, en table 3.2, un extrait de la classification des ERP.

Type		Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	Cat. 5
J	Structures d'accueil pour pers. âgées ou pers. handicapées	≥ 1501	701 à 1500	301 à 700	≤ 300	extra spéc. ⁴
L	Salles d'audition, de conférence, de réunion, de spectacles, etc.					
M	Magasins de vente & centres commerciaux					
N	Restaurants & débits de boisson					
O	Hôtels & pensions de famille					
P	Salles de danse & salles de jeu					
⋮	⋮					
Y	Musées					

TABLE 3.2 – Extrait de classification des ERP

4. La catégorie 5 est sub-divisée en 3 catégories qui spécifient le nombre limite de personnes, sachant que ces dernières soient : en étage [1], en sous-sol [2], dans l'ensemble des niveaux [3].

Avec plus d'une douzaine de types différents⁵ répartis en 5 catégories⁶, il existe plus d'une soixantaine de sous-groupes d'ERP. l'objectif est alors de minimiser le nombre de groupe d'ERP en afin d'avoir une évaluation plus précise.

Proposition d'une classification des ERP

Groupe 1	J	Structures d'accueil pour personnes âgées ou personnes handicapées ;
	U	Établissements de soins.
Groupe 2	L	Salles d'auditions, de conférences, de réunions, de spectacles ou à usage multiple ;
	M	Magasins de vente, centres commerciaux ;
	P	Salles de danse et salles de jeux ;
	X	Établissements sportifs couverts.
Groupe 3	R	Établissements d'éveil, d'enseignement, de formation, centres de vacances, centres de loisirs sans hébergement ;
	W	Administrations, banques, bureaux.
Groupe 4	S	Bibliothèques, centres de documentation ;
	T	Salles d'exposition à vocation commerciale ;
	V	Établissements de divers cultes ;
	Y	Musées.
Groupe 5	N	Restaurants et débits de boisson ;
	O	Hôtels et pensions de famille.

Ici, chaque type regroupe l'ensemble de leurs catégories – de 1 à 5. Ce choix est justifié par l'imprécision donnée par le tri des interventions de chaque Sdis, qui se limite à la catégorisation des types d'ERP uniquement.

5. Il existe, en plus de types allant de J à Y présentés, 6 types supplémentaires : Établissement de plein air (PA) ; Structure gonflable (SG) ; Parcs de stationnement couvert (PS) ; Gare (GA) ; Hôtel-restaurant d'altitude (OA) ; Refuge de montagne (REF). Nous décidons de ne pas les inclure dans la proposition de classification qui va suivre à cause de leur caractère tout à fait exceptionnel qui leur permettrait de bénéficier d'une analyse plus fine et détaillée, et éviter de compromettre les moyennes dans chaque groupe de ladite classification.

6. Les catégories répartissent les différents types d'ERP selon le nombre de personnes qu'ils peuvent accueillir.

3.3.2 Industrie

Au niveau industriel, nous conserverons la classification telle qu'elle est exposée ci-après, en rassemblant les sous-groupes Déclaration et Enregistrement.

Proposition d'une classification de l'industrie

Groupe 1	SEVESO
	Ex. Raffineries, sites (pétro)chimiques, dépôts pétroliers ou encore dépôts d'explosifs, etc.
Groupe 2	Autorisation (hors SEVESO)
Groupe 3	Déclaration
	Ex. Élevages, stations-service, entrepôts de produits combustibles (bois, papier, plastiques, polymères, pneumatiques), entrepôts frigorifiques...
	Enregistrement

Conclusion

En guise de conclusion de ce chapitre, voici en figure 3.4, un concentré des estimations et approximations faites pour arriver au calcul final.

DÉFINITION	valeur du sauvé	somme des dégâts lorsqu'il n'y a pas intervention	–	somme des dégâts lorsqu'il y a intervention
MODÉLISATION CHAPITRE 2	estimation 2.1	somme des valeurs initiales des sites concernés		
	estimation 2.2	probabilité qu'un site prenne feu × somme des valeurs initiales de tous les sites		
AJUSTEMENTS CHAPITRE 3	approx. 2.1	probabilité qu'un site prenne feu × somme des valeurs de remplacement assurées		
	approx. 2.2			somme des indemnités versées
CONCLUSION	valeur du sauvé	probabilité qu'un site prenne feu × somme des valeurs de remplacement assurées	–	somme des indemnités versées

FIGURE 3.4 – Récapitulatif du raisonnement

Chapitre 4

Cas Élémentaire : un incendie d'ERP

La modélisation précédemment présentée permet de moyenner la valeur du sauvé en différents groupes. L'idée de cette section est de présenter un cas spécifique d'incendie qui va mettre en valeur certains aspects de la théorie, d'une part, et en exposer ses limites, d'autre part.

4.1 Description de l'ERP



FIGURE 4.1 – Espace Nova de Velaux

L'ERP observé et étudié est un espace de représentations, une salle de spectacle. L'espace NoVa, situé à l'angle de la Mairie de Velaux a été inauguré en septembre 2011. Le coût total de cet espace s'élève à 6,6 millions d'euros.

Ce nouvel espace accueille des représentations – environ une quinzaine – chaque saison, d'octobre à juin.

4.2 Incident du 1^{er} mai 2018

4.2.1 Récit chronologique des événements

Une alerte pour un feu de poubelle a été donnée le 1^{er} mai 2018 à 21 h 06 au CTA qui a demandé au centre BVA¹ d'intervenir. Le chef d'agrès², l'adjudant *D.*, a effectué le premier départ du centre avec deux binômes dans un Fourgon Pompe-Tonne. Il s'est présenté en 17 minutes après le départ du centre de secours.

Entre-temps, le capitaine *C.*, chef de groupe, a été appelé à intervenir et a pu arriver plus tôt sur les lieux de l'incendie pour procéder aux premières observations. La poubelle enflammée était contre un mur de la salle des fêtes. Et, rapidement, une fois le danger du feu de poubelle écarté – la laissant brûler à l'écart –, les préoccupations du capitaine *C.* se sont portées vers l'intérieur du bâtiment d'où l'on pouvait voir, à travers la porte d'entrée vitrée, une fumée noire.

Les équipes, aussitôt arrivées, ont suivi les procédures habituelles de pénétration puis d'extinction de l'ERP.

Les binômes, une fois arrivés sur place, se sont préparés à partir en reconnaissance à l'intérieur du bâtiment. Il a fallu du temps pour rentrer à cause de la procédure. En effet, il subsistait un risque d'explosion, les fumées contenant des combustibles – gaz de pyrolyse et suie notamment –, celles-ci auraient pu s'enflammer.

Dans une salle d'accueil se trouvait un canapé en train de brûler. En effet, la poubelle était en fait placée contre une grille d'aération et mettait les flammes en contact avec l'intérieur du bâtiment – plus précisément, en contact avec ce canapé situé, de l'autre côté du mur, contre cette même grille d'aération.

Une fois le feu de canapé maîtrisé, un contrôle des points chauds est réalisé et un désenfumage de tout le bâtiment est amorcé – la suie contenue dans les fumées ne doit pas retomber par

1. Centre de Secours de la Basse Vallée de l'Arc, situé Route de Velaux à Coudoux

2. Le chef d'agrès est le sapeur-pompier responsable de la planification et de la gestion des activités du personnel armant son véhicule.

terre et sur les multiples équipements. Des ventilateurs opérationnels sont mis en place.

C'est une fois le désenfumage terminé, et l'absence de points chauds constatée que les pompiers sont rentrés. Un agent de la mairie est resté toute la nuit pour surveiller le trou béant laissé par la grille d'aération.

4.3 Analyse

	Montant en euros
Coût initial de la salle	6 600 000
Budget prévisionnel des réparations – à mi-mai 2018	649 800
Coûts déjà effectifs – à fin mai 2018	183 000
Nombre de représentations programmées pour la saison 2018-2019	14 représentations

TABLE 4.1 – Premiers éléments d'analyse chiffrés

4.3.1 Confrontation à la modélisation

Valeur initial du site A défaut d'être en possession de la valeur de remplacement assurée, nous allons estimer la valeur initiale du site par le coût initial de la salle, celle-ci étant relativement récente, les amortissements devraient être négligeables. L'[Hypothèse 2.1](#) qui consistait à supposer une destruction totale du site n'est pas vérifiée ici. Une non-intervention n'aurait peut-être pas permis une propagation des flammes à l'intérieur de la salle d'accueil, le canapé étant relativement isolé. La destruction du site n'aurait pu être totale, sans intervention, mais aurait pu être partiellement plus importante à cause du dépôt de suie sur les équipements – leur retombée n'étant pas empêchée par la ventilation – et de l'incrustation de la fumée dans les faux-plafonds et dans des endroits complexes à nettoyer. Alors,

$$\left(x_{i_A} | \text{inter} = 0\right) = S_i = \text{coût initial}_i = 6\,600\,000$$

Dégâts survenus lors de l'intervention Là encore, nous n'avons pas en notre possession la valeur des indemnités versées. En revanche, nous avons connaissance du montant du budget

prévisionnel plafond qui sera utilisé pour les réparations. Nous utiliserons le montant de ce budget pour estimer les dégâts survenus. Nous ne pouvons dire si l'utilisation de ce montant plafond va sur-estimer la valeur du sauvé puisque nous n'avons pas connaissance des coûts réels de réparation.

$$\left(x_{i_A} | \text{inter} = 1\right) = \text{budget réparations}_{i_A} = 649\,800$$

Pertes d'exploitations De l'incident à la fin de saison 2017-2018, un seul événement était planifié. Comme il a pu être déplacé au début de saison prochaine, si la salle ré-ouvre bien à partir d'octobre – c'est-à-dire si les travaux sont terminés d'ici là, aucune perte d'exploitation n'est à déplorer. C'est une « chance » que l'événement ait pu être replanifié et cela fait parti de la spécificité de cet exemple.

$$\left(pex | \text{inter} = 1\right) = 0$$

Sans modèle spécifique sur les pertes d'exploitations, nous aurions du mal à connaître le montant des dégâts s'il n'y avait pas eu intervention. Mais nous nous doutons que les pertes d'exploitation sont proportionnelles au temps nécessaire aux réparations. Et sachant que ce temps de réparation peut être plus ou moins proportionnel au montant des dégâts, il serait certainement judicieux de mener une étude plus spécifique donnant lieu à une estimation des pertes d'exploitations.

Pertes d'emploi L'événement annulé étant reporté, et la perte potentielle d'exploitation étant neutralisée, aucune perte d'emploi ne fait suite à cet incident.

$$\left(pem | \text{inter} = 1\right) = 0$$

Comme pour les pertes d'exploitations, il est relativement compliqué d'estimer les pertes potentielles d'emploi si les pompiers n'étaient pas intervenus, sans s'appuyer sur un modèle spécifique.

Prévention Mettre en opposition les scénarios « prévention » et « non-prévention » sort de notre domaine d'étude et exigerait sa propre étude. C'est pourquoi, sans tirer de conclusions

sur les bénéfices qu'apportent la prévention – puisque d'autres études le font bien mieux – nous allons souligner certains points où la prévention n'a pas fonctionné pour en exposer ses bienfaits.

Le système SSI a pu déclencher l'alarme incendie, alerter le gardien qui a pu prévenir les secours mais il a été impossible de s'en servir à des fins de désenfumage, il a probablement été mis en défaut en coupant le courant – un préventionniste présent n'a pas pu activer le système.

Les portes « 30 minutes » (coupe-feu) étaient ouvertes avant le départ de feu. De choix architectural, elles étaient conçues sans aimant et devaient rester fermées de manière permanente. Seulement, et probablement par soucis de praticité – comme cela arrive malheureusement souvent dans les ERP –, le personnel a maintenu les portes ouvertes avec des cales. Les fumées se sont donc propagées dans tout le bâtiment.

Enfin, le canapé qui a pris feu à l'intérieur du bâtiment ne semble pas avoir été conforme à la législation pour les tissus d'ameublement en ERP. En effet, sans ce canapé à cet endroit, ou avec un canapé ininflammable, l'intérieur du bâtiment aurait totalement été protégé d'éventuelles fumées.

4.3.2 Application de la modélisation

En reprenant l'équation (2.3),

$$Y = \frac{n_A}{n} \times \sum_{i=1}^n S_i - \sum_{i_A=1}^{n_A} x_{i_A} |_{\text{inter}} = 1$$

Bien sûr, notre population n'est ici composée que d'un seul site. Donc, $n = n_A = 1$

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{1}{1} \times \sum_{i=1}^1 S_i - \sum_{i_A=1}^1 x_{i_A} |_{\text{inter} = 1} \\
 &= S_i - x_{i_A} |_{\text{inter} = 1} \\
 &= 6\,600\,000 - 649\,800 \\
 &= 5\,950\,200
 \end{aligned}$$

La valeur du sauvé représente plus de 90% de la valeur initiale du site.

4.3.3 Discussion des avantages et des limites du modèle

Bien sûr, à faible population, l'application du modèle est élémentaire – et aurait même parfaitement pu se passer de l'application à la lettre de l'équation (2.3). L'avantage de ce modèle réside dans l'utilisation de données importantes, donc une fois traitées, une grande population ne sera pas un inconvénient.

Cependant, dans ce cas, il est notable que ce feu n'a pas été classé comme un feu d'ERP mais comme un feu de poubelle, et faute d'avoir été reclassé *a posteriori*, il n'a pas été comptabilisé correctement dans les statistiques du Sdis. L'application du modèle au sein des Sdis trouvera toutefois ses limites si leurs banques de données recueillent des approximations.

Chapitre 5

Conclusion

La mise en place d'un calcul du sauvé peut s'inscrire dans la recherche de la performance mais n'en reste pas moins un travail délicat de mesure d'une production non-marchande. L'importance d'une étude fondamentale préalable de ce qu'est précisément le sauvé nous permet de nous entendre sur la suite du raisonnement.

Après avoir défini mathématiquement la valeur du sauvé, nous avons posé une série d'hypothèses pour la rendre plus mesurable qu'elle ne l'était. Ressort de cette étape un calcul plus fin, plus détaillé.

Par ailleurs, si l'on souhaite mesurer la variation de la valeur du sauvé et ainsi comparer dans le temps de multiples valeurs, l'interprétation de cette comparaison doit être des plus prudentes. Que conclure en effet d'une augmentation de la valeur du sauvé sur plusieurs périodes ? Cette étude, à travers les estimations et hypothèses émises, fait apparaître trois facteurs qui agissent sur la variation du sauvé :

- un accroissement de la performance des services de secours ;
- une augmentation de la probabilité qu'un site prenne feu – c'est-à-dire qu'il soit sinistré ;
- une augmentation du nombre de sites à protéger.

Afin d'appliquer le calcul aux données assurantielles, des ajustements sont ensuite apportés, ces données étant les plus accessibles et s'approchant le plus des variables fondamentales.

De plus, devant un tel champ d'application du calcul à une population qui peut être de la taille de la France, ce modèle voit ses limites lorsqu'un cas précis est étudié. Ce modèle ne permet pas d'estimer le sauvé d'un site mais permet d'approcher le sauvé lorsque de nombreux sinistres sont en jeu de la même manière que la loi des grands nombres permet à un échantillon d'être plus représentatif lorsque sa taille s'approche de la taille de la population étudiée.

Finalement, cette étude constitue un outil permettant à tous les Sdis de déduire, de leurs statistiques d'intervention, une valeur du sauvé, une fois les données assurantielles connues. Toutefois, il faut se garder de déduire les coûts d'intervention de cette valeur du sauvé. En effet, cette dernière est vouée à être comparée au budget global du Sdis support.

Confronter, la variation du sauvé avec la variation du budget d'un Sdis peut permettre, dans une étude ultérieure, de mettre en évidence une certaine performance au sein de celui-ci.

Table des matières

Remerciements	i
1 Introduction	1
1.1 Motivations & Objectifs	2
1.1.1 Présentation des services d'incendie et de secours	2
1.1.2 Le Sdis des Bouches-du-Rhône	2
1.1.3 Problématique	4
1.2 Revue de littérature	5
1.2.1 En France	5
1.2.2 A l'étranger	6
2 Fondements théoriques	9
2.1 Principaux concepts	10
2.1.1 Définition des concepts	10
2.1.2 Caractérisation théorique du sauvé	12
2.1.3 Notations	15
2.2 Modélisation	16

2.2.1	Définition des objets d'étude	16
2.2.2	Caractérisation économique du sauvé	16
2.2.3	Valeur moyenne du sauvé	21
3	Application générale aux données assurantielles	23
3.1	Ajustements du modèle	24
3.1.1	La valeur initiale d'un site	25
3.1.2	Les dégâts survenus lorsqu'il y a intervention	26
3.2	Spécifications de la modélisation	27
3.2.1	Discussion sur les hypothèses posées	27
3.2.2	Discussion sur les estimations émises	29
3.2.3	Conséquences directes des dégâts survenus	30
3.2.4	Scénarios non pris en compte	32
3.3	Classification du champs d'étude	34
3.3.1	ERP	35
3.3.2	Industrie	37
4	Cas Élémentaire : un incendie d'ERP	39
4.1	Description de l'ERP	40
4.2	Incident du 1 ^{er} mai 2018	41
4.2.1	Récit chronologique des événements	41
4.3	Analyse	42

4.3.1	Confrontation à la modélisation	42
4.3.2	Application de la modélisation	44
4.3.3	Discussion des avantages et des limites du modèle	45
5	Conclusion	47
	Liste des tableaux	55
	Table des figures	57

Liste des tableaux

2.1	Liste des variables utilisées	15
3.1	Récapitulatif du sens des erreurs faits par les ajustements	34
3.2	Extrait de classification des ERP	35
4.1	Premiers éléments d'analyse chiffrés	42

Table des figures

1.1	Organisation de l'organigramme du Sdis 13	3
2.1	Cycle de la méthode scientifique	11
2.2	Évolution dégâts en fonction du temps	13
2.3	Valeur d'un site en fonction du temps	18
3.1	Estimation de la valeur initiale d'un site	25
3.2	Estimation des dégâts lorsqu'il y a intervention	27
3.3	Traitement d'un appel	28
3.4	Récapitulatif du raisonnement	38
4.1	Espace Nova de Velaux	40