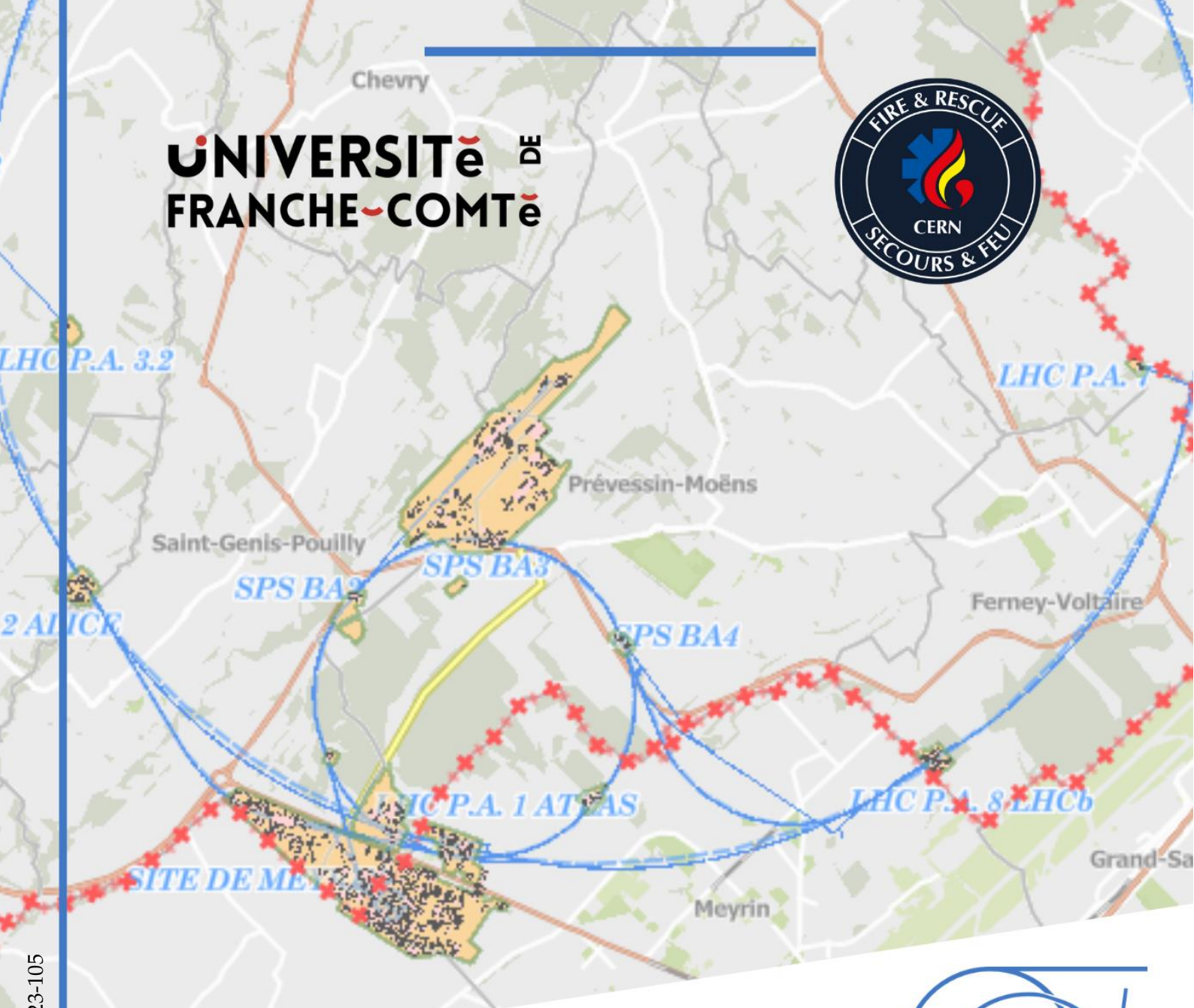




Rapport de stage de Master 2

Master Aide à la décision en aménagement urbain et régional
(ADAUR) - Mention Géographie, aménagement, environnement
et développement

Titre : Un SIG au service des pompiers du CERN

Sous-titre : L'élaboration d'une cartographie du risque

Commanditaire : Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire

Durée : 03/10/2022 - 30/09/2023

Auteur : Jules GRANDVILLEMIN

Tuteur professionnel : Rui SAMOES

Tuteur universitaire : Xavier GIRARDET

Jury : Xavier GIRARDET, Hélène HOUOT

Table des matières

Remerciements	5
Introduction	6
1. Contexte	8
1.1 Le concept du risque : éléments de définition, de gestion et d'analyse	8
1.1.1 Définitions du risque et du danger	8
1.1.2 Gestion et analyse du risque : de l'échelle globale de la Terre à l'échelle fine des entreprises	9
1.2 Organisme d'accueil	14
1.2.1 Le CERN	14
1.3 Missions réalisées et sujet d'étude	18
1.3.1 Tâches effectuées	18
1.3.2 Analyse du sujet	19
2. Méthodologie	19
2.1 Méthodologie adoptée pour la compréhension des besoins des pompiers concernant le GIS du CERN	20
2.1.1 Méthodes pour préparer l'enquête	20
2.1.2 Méthodes pour l'analyse des données de l'enquête	21
2.2 Méthodes choisies pour la révision des processus de GIS et pour la réalisation des formations le concernant	22
2.2.1 Méthodes choisies pour l'élaboration des processus d'utilisation des portails GIS du Service de Secours et Feu	22
2.2.2 Méthodes adoptées de la conception à la réalisation des formations GIS du Service de Secours et Feu	23
2.3 Méthodes envisagées pour améliorer l'usage et l'utilité du GIS du CERN et pour élaborer une cartographie des risques	24
2.3.1 Méthodes choisies pour améliorer l'usage et l'utilité du GIS pour le Service Secours & Feu	24
2.3.2 La réalisation d'une cartographie du risque comme outil d'aide à la prise de décision : méthodes retenues	26
3. Résultats	29
3.1 Révision du processus GIS et réalisation de formations : avoir une vision globale de l'usage par les pompiers de l'outil, formaliser puis optimiser les activités	29
+3.1.1 Processus GIS révisés	30
3.1.2 Formations GIS données aux pompiers	37
3.2 Comprendre l'utilité du GIS du CERN pour les pompiers et les préconisations entreprises pour améliorer son usage	38
3.2.1 Comprendre l'utilité du GIS du CERN : les résultats de l'enquête	38
3.2.2 Préconisations entreprises pour adapter l'usage du GIS du CERN à une utilisation opérationnelle et préventive de la part des pompiers	42
3.3 L'analyse du risque au CERN : un nouvel usage du GIS par les pompiers	45
3.3.1 La carte de densité pour visualiser les concentrations d'incidents fictifs	46
3.3.2 Typologie des risques chimiques selon les résultats de l'indicateur d'analyse du risque au CERN	48

3.3.3 Estimation des risques sur l'ensemble du territoire du CERN au moyen de l'interpolation spatiale	50
Discussion	52
Conclusion	53
Références	55
Annexe	59
Organigramme du Service Secours & Feu	59
Perception des risques majeurs à l'échelle planétaire	60
Figures relatives aux formules de l'analyse des risques au CERN	61
L'outil CERES : une base de données centralisée au CERN pour l'inventaire des produits chimiques	63
Script R pour exploiter la base de données CERES selon les critères choisis au sein de l'indicateur de mesure du risque	64
Synthèse technique de la manière dont les données CERES ont été utilisées pour l'indicateur d'analyse du risque	84
Processus d'intervention du Service Secours & Feu	85
Intervention dite « augmenté » et/ou « intensifiée »	87
Formulaire SNOW pour l'élaboration de plans d'évacuation	88
Localisation des plans d'évacuations	89
Templates permettant l'élaboration des plans d'évacuation sur GIS	90
Exemple de livrable concernant le plan d'évacuation du bâtiment 150 du CERN	91
Photographies du bâtiment 150 et de l'expérience LEIR	92
Formations : fiches pédagogiques	94
Questions mobilisées pour l'entretien réalisé au sein du Service Secours & Feu concernant l'utilité de son GIS	98
Modalités de réponses retenues pour les analyses statistiques	102
Détail des analyses bivariées	104
Fiches de synthèses des analyses univariées concernant la pertinence perçue des portails GIS par les pompiers du CERN	107
CERN Système d'Information Géographique – GIS Portal – Fire & Rescue Service	110
Vue d'ensemble des données spatiales du portail GIS CFRS	111
Vue d'ensemble des données spatiales des portails GIS FB Site et FB Plano	112
Première matrice des pictogrammes du Service Secours & Feu du CERN	113
Deuxième matrice des pictogrammes du Service Secours & Feu	114
Table des matières préconisées pour le GIS du CERN	116
Captures d'écran du portail GIS Site WE Edit le 08/05/2023	117
Captures d'écran du portail GIS Site WE Edit le 14/06/2023	119

Maquette des portails GIS : les cartes souhaitées en prenant l'exemple du bâtiment 150 (LEIR)	121
L'indice des risques de catastrophes (The Disaster Risk Index – DRI)	124

Remerciements

Je voudrais, tout d'abord, adresser mes remerciements les plus chaleureux à mon tuteur universitaire, Xavier Girardet (Maître de Conférences à l'Université de Franche-Comté). Votre encadrement constant, vos conseils éclairés et votre patience ont été essentiels dans la réalisation de ce rapport de stage. Je vous suis reconnaissant de m'avoir guidé tout au long de cette expérience et d'être venu au CERN pour vous rendre compte de l'environnement de travail dans lequel j'évolue depuis le 3 octobre 2022.

J'aimerais également exprimer ma profonde gratitude envers mon superviseur professionnel, Rui Samoes, officier pompier du CERN. Votre mentorat et votre encadrement m'ont permis de me familiariser avec l'environnement unique de travail du CERN et de saisir pleinement les enjeux qui y sont liés. Vos conseils avisés et votre soutien constant ont été d'une valeur inestimable, m'aidant à développer mes compétences professionnelles et mon épanouissement personnel.

Un grand merci au chef de groupe du Service Secours & Feu, Pierre Bonnal, aux officiers pompiers et aux pompiers. Votre générosité, votre dévouement et votre professionnalisme m'ont impressionné. Merci pour votre implication pour l'enquête GIS et les nombreuses concertations auxquelles vous avez gentiment accepté de participer. Votre volonté de partager vos connaissances et de m'impliquer dans vos activités opérationnelles et préventives a contribué de manière significative à ma compréhension de la profession de pompier. J'ai beaucoup appris de vos expériences sur le terrain, et je suis reconnaissant d'avoir pu faire partie de votre équipe.

Je tiens à remercier particulièrement Pierre Bonnal, pour son expertise et son enseignement dans les domaines du management et à propos du concept du risque ; Anastasiia Ovdienko, *Fellow* au CERN, avec qui j'ai eu le plaisir de collaborer sur les processus GIS ; Jean Audrain, officier pompier, pour son implication dans l'explication du fonctionnement de la salle de contrôle (SCR) et pour sa bonne humeur dont résulte une productivité impressionnante au travail ; Patrick Berlinghi, officier pompier, pour ses conseils avisés et les visites multiples de plusieurs infrastructures au sein du CERN, sans quoi, il aurait été plus complexe de saisir l'ensemble des enjeux à cartographier les risques ; Éric Herbé, officier pompier, pour ses riches conseils dans les domaines des formations et pour la vulgarisation de plusieurs mots-clés et réflexions propres au métier de pompier ; Efstathia Kopterou, *Group Administrative Officer*, pour son aide régulière dans tous les aspects administratifs ; Marc Nas, Sara Hansen et Miikka Leinonen pour nos discussions fructueuses et vos enseignements dans les domaines de l'évacuation d'urgence et de la logistique dans le métier de pompier. À vous tous : votre contribution a été essentielle pour le succès de mes missions, et je vous suis reconnaissant pour votre disponibilité et votre soutien constant.

Enfin, je souhaite exprimer ma reconnaissance envers les ingénieurs GIS, à Sabrina Schadegg, à Gustavo Segura et aux experts en sécurité incendie du CERN qui m'ont apporté leur aide respective dans la mise à jour du GIS et dans l'élaboration de l'indicateur d'analyse des risques. Je vous suis profondément reconnaissant d'avoir partagé votre savoir avec moi.

En résumé, je tiens à vous remercier du fond du cœur pour votre soutien, votre expertise et votre engagement tout au long de mon stage. Votre contribution a été déterminante pour mon apprentissage et mon développement professionnel. Je n'oublierai jamais cette expérience enrichissante et je suis honoré d'avoir pu travailler avec des professionnels aussi talentueux et passionnés que vous.

Enfin, je souhaite à toute personne me lisant actuellement, une excellente lecture de ce rapport et je vous remercie pour votre intérêt.

Introduction

Avec « 30 000 appels et réceptions automatiques d'alarmes par an », l'un des outils d'aide à la décision à disposition des pompiers du CERN est le Système d'Information Géographique (GIS, [encadré 1](#)) de l'Organisation (*La caserne des pompiers est sous les feux de la rampe*, 2021). Il permet aux opérateurs en salle de contrôle de localiser l'incident, de guider sur le terrain les pompiers mobilisés puis de les renseigner à propos des risques et des opportunités présents sur le territoire. Pour ces raisons, il est pertinent de s'intéresser au GIS du CERN, et notamment de son utilité pour le *Service Secours & Feu* puis de l'usage qu'il en est fait.

Il s'agit de préciser, dès maintenant, que le Système d'Information Géographique sera appelé par l'acronyme GIS dans ce présent rapport, pour ne pas confondre avec le Services industriels de Genève (SIG) qui est une dénomination très répandue dans la région. Pour les raisons évoquées ci-avant, il est pertinent de s'intéresser au GIS du CERN, et notamment de son utilité pour le Service Secours & Feu puis de l'usage qu'il en est fait.

Encadré 1 : Dénomination GIS

Un GIS est un « système qui permet de recueillir, stocker, traiter, analyser puis de mettre en forme des données géographiques ». Il permet de visualiser et d'analyser différentes informations numériques (sous forme de couches) disponibles sur un « territoire géoréférencé, c'est-à-dire dont les informations sont référencées selon leurs coordonnées géographiques » (*Géoconfluences*, 2021). Pour les pompiers, de la création de cartes à la prise d'appel, en passant par la cartographie embarquée, « le SIG est un atout considérable dans la prise de décision » (Carme et al., 2008). Le GIS, pour les pompiers, apportent une réelle valeur ajoutée à toutes les étapes du processus d'intervention : avant l'intervention pour diffuser des informations sur le territoire et identifier les risques ; pendant l'intervention pour faciliter la gestion des appels et la mobilisation des ressources (géolocalisées) puis pour suivre l'évolution de l'intervention en temps réel ; et après l'intervention pour analyser l'incident (Carme et al., 2008). Enfin, il permet de gérer et de faire la maintenance des équipements de sécurité sur le territoire, à l'image des extincteurs.

En somme, en le représentant, en l'analysant et en intervenant pour protéger des biens et/ou des personnes, le métier de pompier est intimement lié au concept du risque. À l'échelle de la planète, la gestion des risques est souvent liée au changement climatique. Le changement climatique peut être défini comme une « modification de l'état du climat qui peut être identifiée (par exemple, à l'aide de tests statistiques) par des changements dans la moyenne et/ou la variabilité de ses propriétés, et qui persiste pendant une période prolongée, généralement des décennies ou plus. Le changement climatique peut être dû à des processus internes naturels ou à des forçages externes tels que les modulations des cycles solaires, les éruptions volcaniques et les changements anthropiques persistants dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des sols. » (Field et al., 2014) Cela implique des décisions d'adaptation et d'atténuation qui auront des impacts sur les générations, les économies et les environnements futurs. La [fig. 1](#) donne un aperçu de ce contexte : le risque d'impacts liés au climat résulte de l'interaction entre les aléas climatiques et la vulnérabilité et l'exposition des systèmes humains et naturels. Les changements dans le système climatique (naturels et anthropiques, à gauche) et les processus socio-économiques, y compris l'adaptation et l'atténuation (à droite), sont les moteurs du risque, de l'exposition et de la vulnérabilité. Les risques anthropiques comprennent les risques technologiques, dont l'échelle d'analyse est plus proche de celle de la zone du CERN.

À l'échelle fine d'un site industriel, il existe le risque technologique qui est encadré par la *directive SEVESO* d'une part et les *plans de prévention des risques technologiques (PPRT)*

nationaux d'autre part. Ils ont un double objectif : réduire les risques et limiter les dommages en cas d'accident (*Vie publique*, 2021).

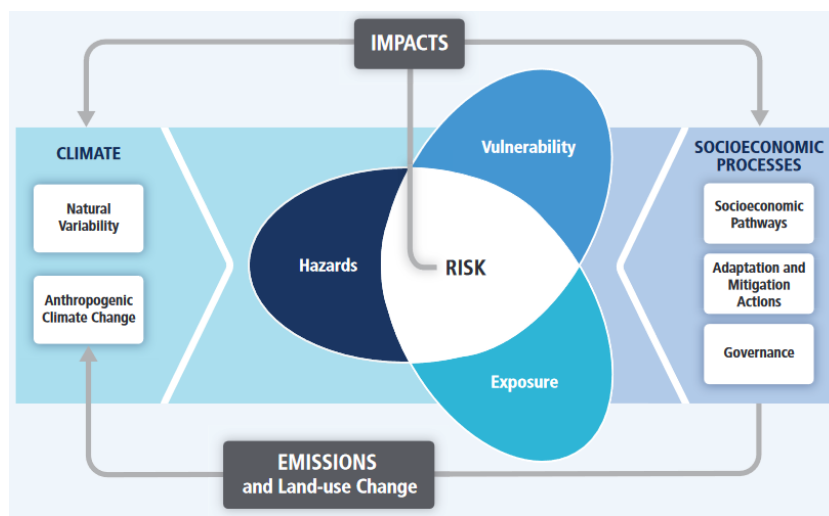


Figure 1 : Illustration des concepts clés de la gestion du risque à une échelle globale | Source : Field et al., 2014.

Un risque industriel majeur peut être défini comme : « un événement accidentel se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les populations avoisinantes, les biens ou l'environnement » (*Risques technologiques : la directive SEVESO et la loi Risques*, 2023). D'après la même source, les conséquences d'un accident dans l'industrie sont regroupées sous trois typologies d'effets : les effets thermiques (incendie, explosion), de suppression (souffle d'une explosion) et ceux toxiques (nuage gazeux). Les outils pour « réduire la probabilité de survenue et les conséquences d'un accident » sont de quatre ordres : la maîtrise du risque à la source par l'exploitant, la maîtrise de l'urbanisation, l'organisation des moyens de secours, et l'information du public (*Risques technologiques : la directive SEVESO et la loi Risques*, 2023).

De surcroît, une cartographie des aléas est réalisée dans le cadre du PPRT, et cela rejoint les besoins actuels du CERN en matière d'état de préparation des risques (*preparedness*). L'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN, France) et l'Office Fédéral de la Santé Publique (OFSP, Suisse), les deux autorités de sûretés des pays hôtes du CERN, ont réalisé une visite en 2021 appelée « préparation aux situations d'urgence ». Les conclusions de cette visite conjointe sont « globalement satisfaisantes, bien que le document intitulé plan d'urgence interne (PLUI) soit daté de 2006 ». En réponse à cela, l'unité Santé et sécurité au travail et protection de l'environnement (HSE) a monté un projet appelé *HSE Unit Operational Response Project (HOR)* dans lequel il a été demandé, parmi d'autres sujets, de réaliser une cartographie des risques et de mettre à jour le SIG du CERN pour améliorer la préparation aux situations d'urgence. Dans ce contexte, on peut se demander : quelle est l'utilité du GIS du CERN pour les pompiers de l'Organisation et quel usage en font-ils ? Comment cet usage pourrait-il être amélioré ? Par extension, le SIG peut-il contribuer à une cartographie pérenne et fiable des risques au sein de l'Organisation ?

Pour répondre à cette problématique, il sera d'abord question d'approfondir les concepts mobilisés et de présenter la structure d'accueil du stage. Ces premiers éléments contextuels seront complétés, en seconde partie, par la méthodologie retenue. Enfin, une présentation des résultats et une discussion cloront cet écrit.

1. Contexte

L'objectif de cette partie est (1) d'interroger la littérature existante sur les concepts mobilisés et (2) de décrire la structure d'accueil du stage, à savoir le CERN.

1.1 Le concept du risque : éléments de définition, de gestion et d'analyse

« Le risque et la gestion du risque sont au cœur des préoccupations de la société moderne. Tout individu, organisation, entreprise ou collectivité publique doit, d'une manière ou d'une autre, gérer ses risques » (Wagner et al., 2022) De plus, l'exposition au risque et les moyens à mettre en œuvre ne sont pas les mêmes pour une gouvernance mondiale, un État, une entreprise ou un individu (Wagner et al., 2022) C'est pourquoi, dans le cadre de la section 1.1, il s'agira tout d'abord de définir le risque et de le dissocier du danger. Ensuite, afin d'avoir une vue d'ensemble, la gestion et l'analyse du risque seront considérées dans un contexte global puis local.

1.1.1 Définitions du risque et du danger

La norme *ISO Guide 31000:2018* de l'Organisation Internationale de Normalisation (2018) fournit des définitions de termes génériques relatifs au management du risque et son but est une utilisation uniforme de la terminologie. Selon cette norme, le risque est défini comme : un « effet de l'incertitude sur les objectifs » ; « un effet est un écart par rapport à un attendu. Il peut être positif, négatif, ou les deux à la fois, et traiter, créer ou entraîner des opportunités et des menaces » ; « Un risque est généralement exprimé en termes de sources de risque, événements potentiels avec leurs conséquences et leur vraisemblance ». En somme, ces définitions donnent plusieurs éléments qui caractérisent un risque : « les sources (éléments susceptibles d'engendrer un risque), les événements potentiels (occurrence de circonstances particulières) et leurs conséquences (effets de l'événement sur les objectifs) et vraisemblance (possibilité que l'événement se produise) » (Wagner et al., 2022).

Au sein de la littérature scientifique, l'une des questions clé dans la recherche des risques est « la distinction entre les termes risque et danger » (Scheer et al., 2014) :

- Pour Scheer et al., le danger est associé à « la capacité intrinsèque d'un agent ou d'une situation à provoquer des effets néfastes sur une cible telle que les personnes, l'environnement ». Cette capacité peut ne « jamais se matérialiser » si, par exemple, « les cibles ne sont pas exposées aux dangers ou rendues résistantes aux effets dangereux » ;
- Le risque, quant à lui, prend en compte la « probabilité et l'étendue des dommages qu'un événement nuisible se produise ». Le facteur décisif est « la mise en balance de l'étendue possible des dommages avec la probabilité d'occurrence et le préjudice qui en résulte ». Le risque est donc considéré comme « la probabilité qu'un événement dommageable se produise » (Scheer et al., 2014). L'effet de l'incertitude décrit par la norme *ISO* semble être mesuré, ici, par les probabilités.

En géographie, le risque comprend également cette notion de probabilité : il est le résultat de « la probabilité d'occurrence de dommage compte tenu des interactions entre facteurs d'endommagement (aléas) et facteurs de vulnérabilité (peuplement, répartition des biens) » (*Géoconfluences*, 2023). En ce sens, il est nécessaire de ne pas confondre l'aléa et la vulnérabilité. Le premier est un « phénomène (naturel ou technologique) plus ou moins probable sur un espace donné » alors que le second exprime « le niveau d'effet prévisible de ce phénomène sur des enjeux (l'homme et ses activités) » (*Géoconfluences*, 2023). Pour

résumer cette définition, la formule suivante est proposée par les auteurs : $\text{risque} = \text{aléa} \times \text{vulnérabilité}$.

Dans le domaine du management du risque, on retrouve aussi la notion de probabilité au sein de la formule la plus utilisée pour estimer les risques : « $R = P \times C$, où P désigne la probabilité qu'un événement indésirable survienne et C, la conséquence de cet événement » (Kewski, s.d.). Au sein du glossaire technique des risques technologiques (2005) : « le risque peut être décomposé selon différentes combinaisons de trois composantes que sont l'intensité, la vulnérabilité et la probabilité : $\text{Risque} = \text{Intensité} \times \text{Probabilité} \times \text{Vulnérabilité} = \text{Aléa} \times \text{Vulnérabilité} = \text{Conséquences} \times \text{Probabilité}$. La [fig. 2](#) schématise cela. Ainsi, si les formules semblent différentes entre la géographie et le management du risque (au regard des paramètres), la signification du résultat est la même.

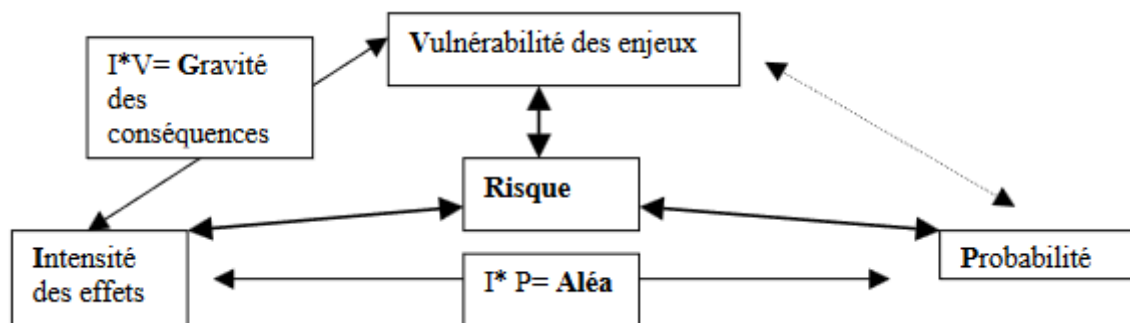


Figure 2 : Concept du risque / Source : Glossaire technique des risques technologiques (DRIRE, 2005).

En raison de leur complémentarité, nous retiendrons ces définitions autour d'une définition unique : le risque est la « combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences » (ISO/CEI 73) en tenant compte des facteurs d'endommagement et des facteurs de vulnérabilité (conséquence, répartition des individus et des biens).

1.1.2 Gestion et analyse du risque : de l'échelle globale de la Terre à l'échelle fine des entreprises

Gestion du risque à l'échelle planétaire

Depuis plusieurs années, Le *Forum Économique* publie annuellement un rapport sur la perception des risques à l'échelle planétaire. Le 14^e rapport, édité en 2019, s'appuie sur les points de vue d'un millier de décideurs des secteurs public et privé, du monde académique et de la société civile (World Economic Forum, 2019). La [fig. 39](#) reprend « 20 des principaux risques identifiés dans le domaine environnemental, technologique, sociétal, géopolitique et économique ». La [fig. 39](#) illustre aussi la probabilité d'occurrence et la sévérité attendue de ces risques en fonction des réponses à l'enquête, dans laquelle les participants ont été invités à évaluer la probabilité d'occurrence et l'impact de chaque risque sur un horizon de dix ans. Parmi les risques qui ont la sévérité et la probabilité la plus haute sont les risques environnementaux : les événements météorologiques et les changements climatiques notamment.

À l'échelle européenne, le projet de recherche *Methods for The Improvement of Vulnerability Assessment (MOVE)* a été conçu pour identifier les facteurs de vulnérabilités liés aux risques environnementaux et au changement climatique.

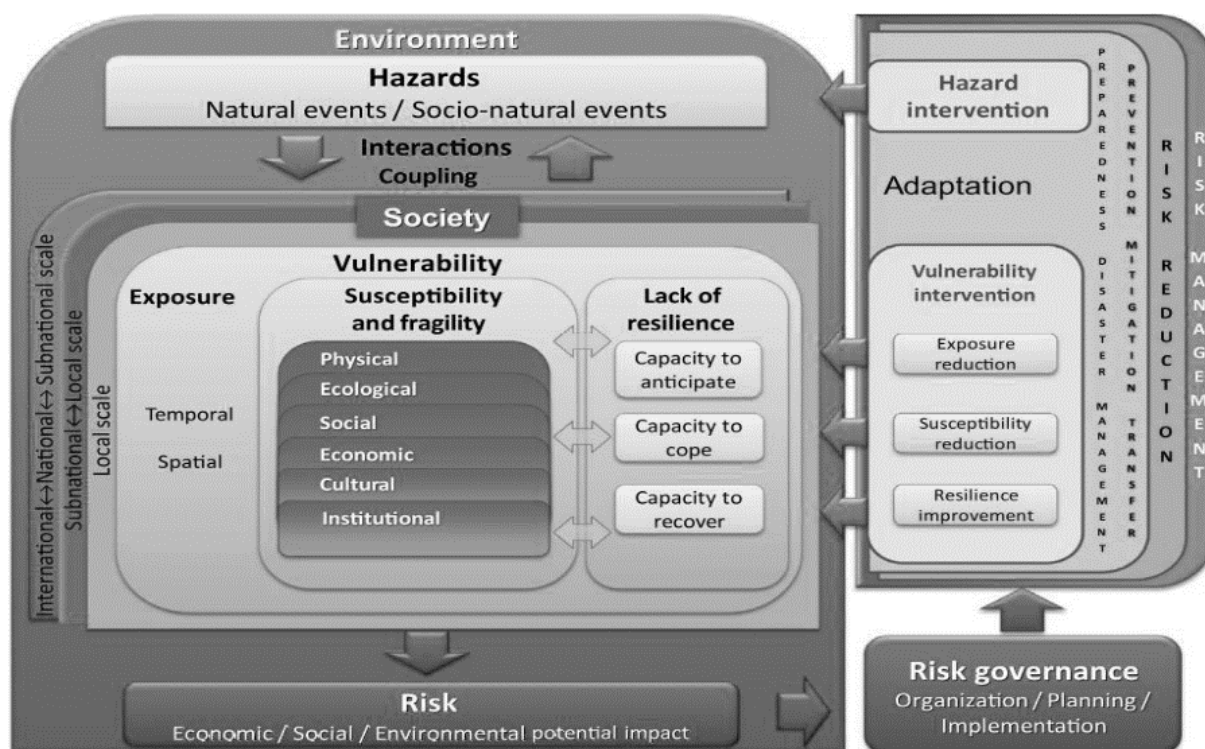


Figure 3 : Le cadre conceptuel MOVE | Source : Rimli et al., 2020

Comme l'illustre la [fig. 3](#), MOVE définit l'origine du danger comme « socio-naturelle » et la vulnérabilité se compose de « plusieurs éléments avec six dimensions : physique, sociale, écologique ou environnementale, culturelle, économique et institutionnelle » (Rimli et al., 2020). Ces différentes composantes montrent les différences de vulnérabilités spatiales et territoriales et l'importance d'y répondre avec une capacité d'anticiper, de faire face et de se rétablir. De ces deux composantes, découlent les risques, qui eux influent sur l'organisation, la planification et la mise en œuvre des gouvernances. Enfin, ce sont ces mêmes gouvernances qui donnent le cadre à l'adaptation de la société pour réduire l'exposition et la sensibilité et améliorer la résilience (gestion du risque).

Analyse du risque à l'échelle mondiale

« Une réduction efficace des risques n'est possible que si toutes les menaces pertinentes sont prises en compte et analysées. Cependant, contrairement aux analyses d'un seul aléa, l'examen d'aléas multiples pose une série de défis supplémentaires en raison des caractéristiques différentes des processus. Cela concerne l'évaluation du niveau de danger, ainsi que la vulnérabilité à l'égard de processus distincts, et le niveau de risque qui en découle. » (Kappes et al., 2012). Cette citation de Kappes et al. donne une vue d'ensemble de l'analyse des risques et de la complexité liée à la prise en compte simultanée de plusieurs facteurs de vulnérabilités et d'endommagements. Deux formules ont initié la recherche quantitative sur le sujet : celle de UNDRO (1980) et de Cardona (1993).

En 1979, l'agence des Nations Unies pour les secours en cas de désastre (UNDRO), en collaboration avec l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), a « lancé le concept de risque, d'aléa et de vulnérabilité » (UNDRO, 1980). Le concept proposé comprend les éléments suivants : « Le danger (H), l'exposition (E) et la vulnérabilité (V), le risque spécifique (Rs), l'élément à risque (E) et le risque total (Rt) » (UNDRO, 1980) :

$$R_t = E \times R_s = E \times (H \times V)$$

Figure 4 : L'équation créée pour l'évaluation des risques par l'UNDRO (UNDRO, 1980)

En 1993, Cordona proposa l'équation ci-après où : « l'aléa (A_i) représente le phénomène naturel des inondations, des tremblements de terre et des ouragans » et la « vulnérabilité (V_e) est l'impact du phénomène naturel et est représentée par des facteurs physiques et sociaux ».

$$Rie = f(A_i, V_e)$$

Figure 5 : L'équation créée pour l'évaluation des risques par Cordona (Cordona, 1993)

En-dehors de ces mesures de risque, plusieurs autres indicateurs ont été développés depuis et seul le *Disaster Risk Index* (DRI) sera présenté par souci de synthèse. D'après la littérature, « neuf États ont décidé de développer leur DRI » (Ramli, 2020) à des échelles nationales et le [tableau 14](#) précisé en annexe, donne (1) l'objectif de chacun d'entre eux, le (2) cadre conceptuel et les (3) sources mobilisées. La majorité de ces DRI s'appuient sur l'indice de risque mondial (ou *World Risk Index*, WRI) qui avance la formule suivante : Risque = Exposition * Vulnérabilité. Pour leur propre DRI, le Brésil, les Philippines, l'Indonésie, les États-Unis et la Chine définissent la vulnérabilité à partir de plusieurs éléments (sensibilité, susceptibilité et capacité d'adaptation, [encadré 2](#)) dans l'équation de WRI.

La **sensibilité** se « réfère à un niveau du système qui est affecté ou bénéficie du changement et de la variabilité climatiques » (Rimli et al., 2020).

La **susceptibilité** est définie comme « l'état de l'élément exposé (sociétés ou autres éléments exposés) lors d'un aléa naturel qui présente un risque élevé d'être affecté » (Rimli et al., 2020).

« La **capacité d'adaptation** est l'aptitude à faire face et à gérer les catastrophes en utilisant les ressources et les compétences disponibles pour les individus, les organisations ou les systèmes » (Rimli et al., 2020).

Encadré 2 : définitions supplémentaires pour le concept de vulnérabilité

Enfin, tous les autres pays à l'exception de Taiwan « utilisent le concept de risque introduit par les Nations Unies » (UNDRR, 2004) pour définir le risque avec deux composantes principales : celle du danger et de la vulnérabilité.

Transition : les échelles d'analyses adéquates pour mesurer le risque au CERN

Afin de choisir une formule d'analyse du risque approprié aux caractéristiques du territoire du CERN (décrites ci-après, au sein de la [section 1.2.1](#)), il est question de bien situer la zone d'étude. Et ce, avant de mobiliser des références au sein de la littérature scientifique pour la gestion et l'analyse des risques à une grande échelle.

Pour bien situer la zone d'étude, il est possible de se référer à la [fig. 6](#) composée des trois axes suivants : (1) l'espace (axe des x), qui va d'un point (10^{-14} km²) à la Terre (5×10^7 km²) ; (2) le temps (axe des y) qui va de l'instant (seconde) au long terme (siècle) et (3) le processus (diagonale), qui va de l'échelle micro à l'échelle globale. Compte tenu de la configuration territoriale de l'Organisation avec les différents sites et les accélérateurs ([fig. 10](#)), les échelles considérées peuvent être de l'ordre de : (1) *Meso* pour l'ensemble ; (2) *Sensory* lorsque cela concerne un site entier ; (3) *Mechanical* lorsqu'il s'agit d'une installation technique ; (4) Et *Micro* lorsqu'il s'agit de secours à la personne, à titre d'exemple.

Ensuite, les échelles temporelles dépendent de la gravité des risques courants mais ne dépassent pas l'ordre des heures, pour la très grande majorité des cas. Enfin, cela n'est pas encore arrivé mais en cas de catastrophe naturelle ou nucléaire (risques particuliers), le continuum spatio-temporel passerait de l'échelle *Meso* à *Strategic* et/ou dépasserait se processus en termes de longévité du risque.

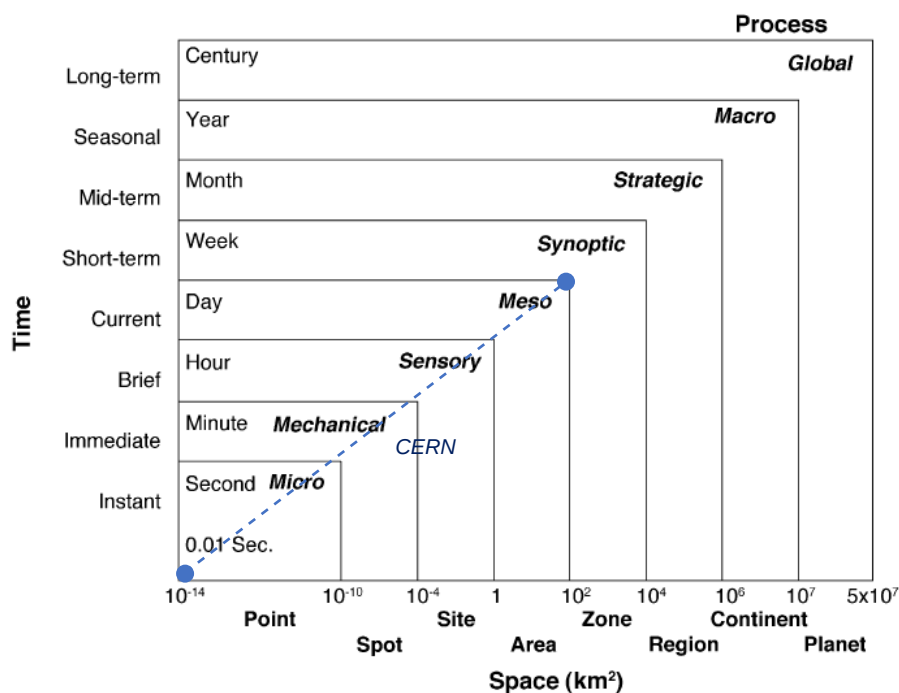


Figure 6 : Le continuum espace-temps présenté par Simard (1991) pour illustrer le contexte spatio-temporel du risque. Modifié pour l'analyse.

De facto, les échelles de gestion et d'analyse du risque au CERN se rapprochent plus à celles du management du risque en entreprise.

Gestion du risque à l'échelle fine d'une entreprise

Le concept de gestion des risques a vu le jour entre 1955 et 1964 et marque une prise de conscience des risques encourus par les entreprises, comme l'a souligné Crockford en 1982. L'un des premiers ouvrages sur le sujet, *Risk Management in the Business Enterprise*, publié en 1963 par Mehr et Hedges, traite de cette question : la gestion des risques a souvent été associée à l'utilisation de l'assurance pour se protéger contre divers types de pertes dues à des accidents ou à des dangers (Wagner et al., 2022). Depuis son origine, le concept est étroitement lié à l'assurance, puisqu'il s'agit principalement de prendre en compte les conséquences financières des risques encourus par une entreprise, comme l'expliquent Harrington et Niehaus en 2003 (Wagner et al., 2022).

Dans le monde de l'industrie, avec la concentration de facteurs d'endommagements (matières aux propriétés inflammables, explosives et/ou toxiques) la notion de multirisque dans la gestion des risques prennent tout son sens. Il est en effet possible d'employer le terme « multirisque » défini par le Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophes (UNDRR) comme : « une approche qui prend en compte plus d'un aléa dans un lieu donné et les interrelations entre ces aléas, y compris leur occurrence simultanée ou cumulative et leurs interactions potentielles » (UNDRR, 2015). En raison du changement climatique et du développement industriel, « la fréquence des accidents multirisques dans les industries de transformation tend à augmenter » (He et al., 2022). Plusieurs « accidents multirisques graves se sont produits au cours de la dernière décennie ». Par exemple, le grand tremblement de terre de l'est du Japon en 2011 a déclenché « des événements produisant des impacts significatifs sur les personnes et l'environnement » (He et al., 2022). Cette catastrophe naturelle a créé plusieurs effets domino, par rétroaction, dans lequel « un accident technologique » a entraîné « plusieurs autres accidents technologiques » (He et al., 2022).

Analyse du risque à l'échelle fine : l'évaluation des risques professionnels et le cas particulier du CERN

En France, l'évaluation des risques professionnels est rendue obligatoire aux entreprises par la loi et elle est formalisée, pour chaque entreprise, dans un « *document unique* » qui est mis à disposition des salariés (INRS, 2022). Dans sa méthodologie, l'INRS, prévoit quatre étapes pour évaluer les risques professionnels : (1) la préparation de l'évaluation, (2) l'identification des risques, (3) la classification des risques et (4) la proposition des actions de prévention. La première étape consiste à définir le cadre de l'évaluation (organisation, groupe de travail, outils, moyens financiers, communication). Ensuite, pour « *identifier les risques* », il est question de « *repérer les dangers* » (propriétés d'un équipement, agent chimique ou biologique dans les procédures de fabrication, organisation de travail susceptible de causer un dommage) puis « *d'analyser les risques* » (en se prononçant sur « les conditions d'exposition des salariés à ces dangers ») en faisant des « *contrôles* » et/ou des « *analyses de postes* » (INRS, 2022). « *Classer les risques* » se fait, généralement, par le biais de matrices « *probabilité / gravité* » qui se rapprochent de [la définition donnée](#) ci-avant (INRS, 2022). Enfin, « *proposer des actions de prévention* » revient à s'appuyer sur l'ensemble de ce travail pour débattre avec les « *instances représentatives des salariés* » (INRS, 2022). En Suisse, la loi impose également aux entreprises d'évaluer les risques pour la santé et la sécurité des employés. Pour ce faire, les entreprises doivent également établir et tenir à jour un « *document unique* » de tous les risques professionnels. La méthodologie est similaire à celle préconisée par l'INRS et n'est pas clairement définie car le livrable final doit tenir compte des particularités de chaque entreprise (Confédération suisse, s.d.). En somme, ces méthodes d'évaluation professionnelle à une échelle fine s'inscrivent dans une démarche qualitative.

En 2003, avec la construction de l'accélérateur LHC (ou *Large Hadron Collider*), le CERN a réalisé plusieurs projets de management du risque visant à prioriser la consolidation des accélérateurs et des expériences construites avant le LHC. En effet, « les activités de maintenance visent à maintenir les actifs fixes de l'organisation en bon état de fonctionnement » (Bonnal et al., 2004) : plusieurs accélérateurs sont nécessaires au bon fonctionnement du LHC car ils permettent d'accélérer et de sélectionner les particules à propulser au sein de ce dernier. Pour chaque accélérateur et pour chaque expérience, « le risque et l'impact d'une défaillance ont été évalués avec la formule suivante : $RS = P \times I$ (où RS est le score du risque, P la probabilité d'endommagement et I l'impact). (Bonnal et al., 2004). Elle est relativement similaire aux formules précisées dans le cadre de la [section 1.1.1](#), lorsque le domaine du management du risque est évoqué (standards). Précisément, la manière dont la probabilité d'endommagement et l'impact ont été évalués est précisée au sein des [tableaux 3](#) et [4](#) ; en annexe.

Pour finir, le score du risque (RS) a été calculé en prenant en compte l'impact maximum en fonction de chaque catégorie évoquée au sein du [tableau 4](#) :

$$RS = P \times \text{MAX}(I_O ; I_R ; I_F ; I_S)$$

if $RS \in [1,2]$	low risk
if $RS \in [3,8]$	medium risk
if $RS \in [9,20]$	high risk

Figure 7 : formule retenue au CERN, en 2004, pour l'évaluation du risque dans le cadre des projets de consolidation des activités

« L'analyse a permis d'identifier un certain nombre d'activités pour lesquelles l'investissement dans la consolidation ajouté aux coûts de fonctionnement ultérieurs coûterait moins que les coûts de fonctionnement actuels prolongés sur les cinq prochaines années, c'est-à-dire qu'elles auraient un retour sur investissement positif » (Bonnal et al., 2004). Depuis, des formules de mesure du risque ont été réalisées au CERN pour prioriser l'élaboration de plans d'intervention et d'évacuation en fonction de facteurs d'endommagement et de

vulnérabilités potentiels présent dans les infrastructures. Par souci de synthèse, elles ne seront pas présentées dans le cadre de ce rapport. De plus, la formule présentée ci-avant est celle qui est la plus conforme aux standards dans le domaine. Ici, ces méthodes de management du risque présentent des essais de quantification du risque au sein de l'Organisation, à la différence des évaluations professionnelles présentées ci-avant.

Maintenant que les concepts mobilisés pour ce rapport ont été présentés, il s'agit désormais de présenter la structure d'accueil de ce stage.

1.2 Organisme d'accueil

Du 03/10/2022 au 30/09/2023, j'ai rejoint le programme *Étudiant Technique* de l'Organisation européenne pour la Recherche nucléaire (CERN). C'est un premier « emploi [...] dans une organisation de renommée mondiale dédié aux étudiants de licence ou de master » (*Technical Student Programme*, s.d.).

1.2.1 Le CERN

Fondé en 1954, le CERN est un laboratoire dédié à la recherche en physique fondamentale, à savoir « l'étude des constituants élémentaires de la matière et de l'Univers » (CERN, *Rapport sur l'environnement*, 2018). Plusieurs découvertes notables y ont été faites, à l'image du *World Wide Web* en 1989 ou du *champ de Higgs* en 2012. L'Organisation, qui compte plus de 17 000 employés, fait l'objet d'une (1) gouvernance particulière au sein d'un (2) territoire unique.

La gouvernance du CERN

Pour simplifier l'explication de la gouvernance du CERN, la [fig. 8](#) a été décomposé en 4 parties (de A à D) :

- A. Le *Conseil du CERN* définit les activités scientifiques, techniques et administratives de l'Organisation puis approuve l'admission de nouveaux États membres. Actuellement, 23 États membres régissent le CERN, et chacun d'eux dispose d'une voix au Conseil ;
- B. Nommé par le Conseil, pour deux mandats de cinq ans maximums, le *Directeur général* gère le CERN avec le *Directoire*. Depuis 2016, Fabiola Gianotti est devenue la première femme à la tête du CERN et en 2021, son second mandat a débuté ;
- C. Le CERN est composé de quatre pôles (et chacun d'eux est composé de départements), d'une unité et de plusieurs services directement rattachés au Directeur général. Chaque département compte un représentant et plusieurs groupes, eux-mêmes représentés par des chefs de groupes, et de multiples sections (à l'intérieur des groupes). C'est au sein de *L'unité santé et sécurité au travail et protection de l'environnement* que se trouve le *Service Secours & Feu* ;
- D. Le *Groupe du Service Secours & Feu*, dirigé par Pierre Bonnal, compte 48 pompiers, 7 officiers et 2 assistants administratifs liés au service par des missions diverses. Un organigramme, précisé en annexe, en donne le détail ([page 59](#))

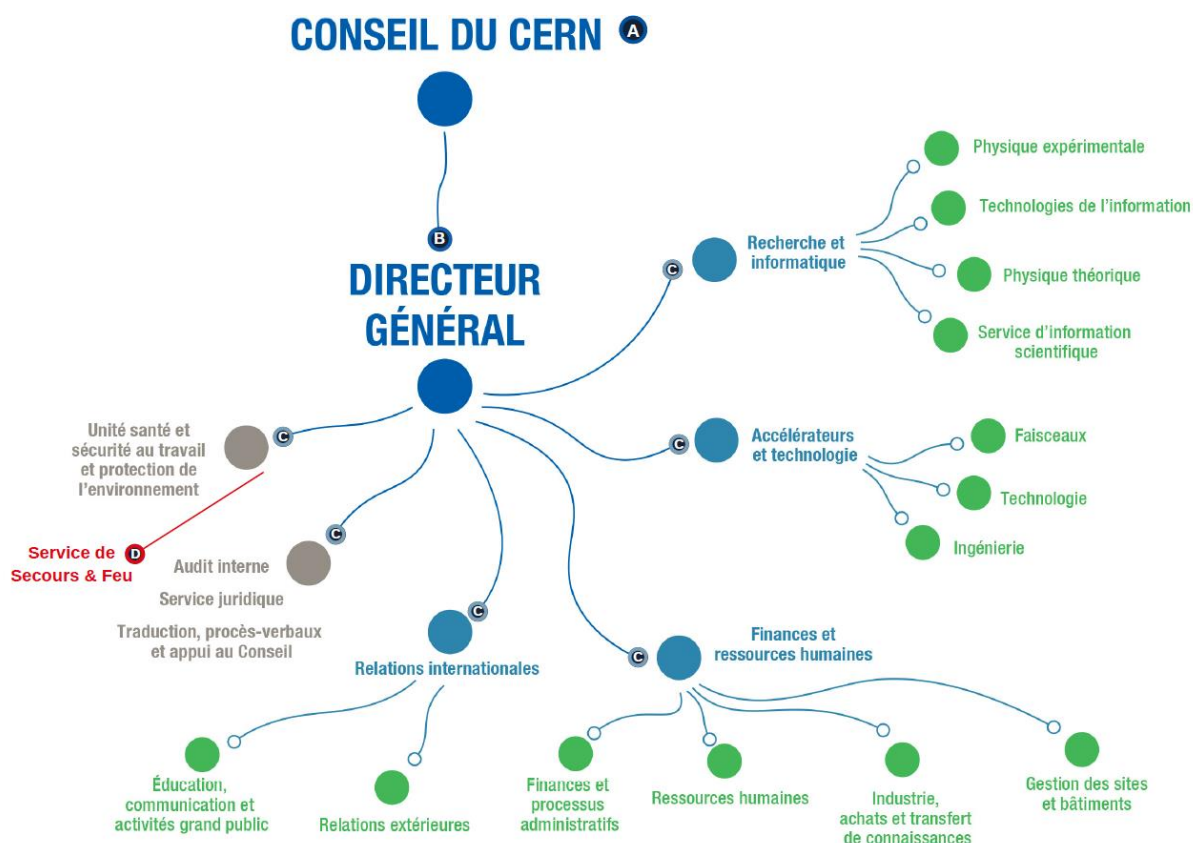


Figure 8 : Gouvernance du CERN | Source : Rapport sur l'environnement 2017-2018, CERN. Modifié pour le projet.

Globalement, il apporte une « assistance à l'Organisation en matière de préparation et d'intervention en cas de situations d'urgence ». Il assure, en tout temps, un service de secours et de lutte contre l'incendie afin de protéger les personnes, les biens et l'environnement du CERN. Enfin, il représente le CERN, « en cas d'incident, auprès des États hôtes et des tiers » ; lors et en dehors des heures de travail (HSE-FRS, s.d.).

En particulier, le Groupe de Service Secours & Feu intervient « en cas d'incendies, d'urgences médicales et d'urgences liées à la Sécurité sur les sites du CERN et à proximité de ceux-ci ». Il collabore avec les services de secours et du feu des États hôtes : Respectivement le SDIS (*Service Département d'Incendie et de Secours*) pour la France et le SIS (*Service d'Incendie et de Secours*) pour la Suisse. Il forme sur les domaines de la prévention et de la lutte contre les incendies et il élabore des « tactiques opérationnelles adaptées aux spécificités du CERN » (HSE-FRS, s.d.). Ces spécificités sont directement liées aux particularités territoriales du CERN ; ce qu'il s'agit, maintenant, de décrire.

Le territoire du CERN

Comme l'illustre la carte ci-après (fig. 10), le CERN dispose de deux sites principaux : celui de Meyrin (le site original, de 1954) à la frontière franco-suisse, et celui de Prévessin, en France. Plusieurs autres sites, plus petits, « jalonnent l'anneau de 27 km du LHC et de l'anneau de 7 km du *Supersynchrotron à protons* (SPS) » (Rapport sur l'environnement, s.d.). Les accélérateurs et les expériences du CERN, illustrées par la figure qui suit (fig. 9) présentent des caractéristiques d'interventions particulières : (1) ce sont des infrastructures uniques et, à ce titre, il n'y a pas de réglementation internationale sur lesquelles se baser pour intervenir ; (2) elles présentent des dangers multiples (pris en compte dans les entraînements) liés au risque de se perdre et de s'asphyxier (espaces confinés) et aux thématiques du feu, de l'électricité, de la cryogénie, de la radioactivité puis la dimension spatiale (certains complexes sous-terrains sont situés à 100 mètres sous terre et certaines expériences à 150 mètres.).

L'une des autres particularités techniques majeure est que l'Organisation compte plus de 1 000 bâtiments sur les différents sites. Il est aussi question de prendre en compte le fait que la nature des bâtiments n'est pas la même.

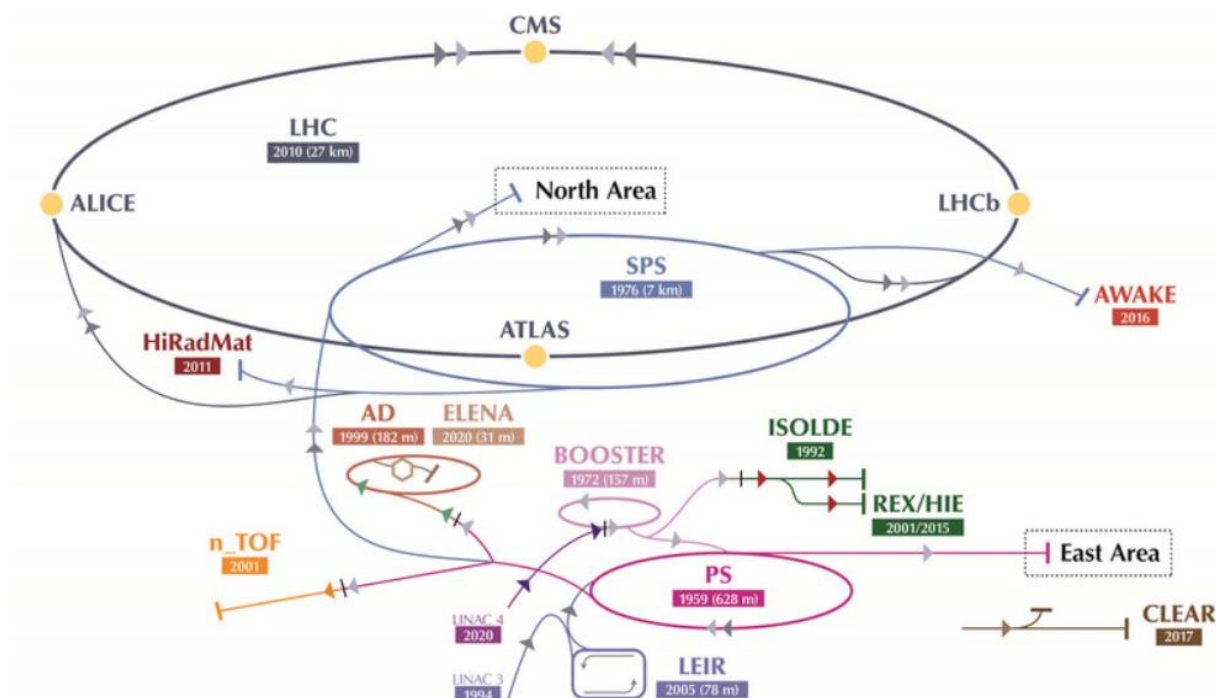


Figure 9 : Accélérateurs et expériences du CERN | Source : Visite immersive du complexe d'accélérateurs, s.d.

En effet, outre les accélérateurs (tunnels, galeries) et les expériences (faisceau), le CERN compte : des bureaux, des locaux techniques, des ateliers de montage, des laboratoires, des stations de refroidissements, des stations d'épuration et de traitements des eaux, des centrales électriques, des magasins, des hôtels ou encore des restaurants. Enfin, leur localisation se trouve à une distance plus ou moins éloignée de la caserne située sur le site de Meyrin.

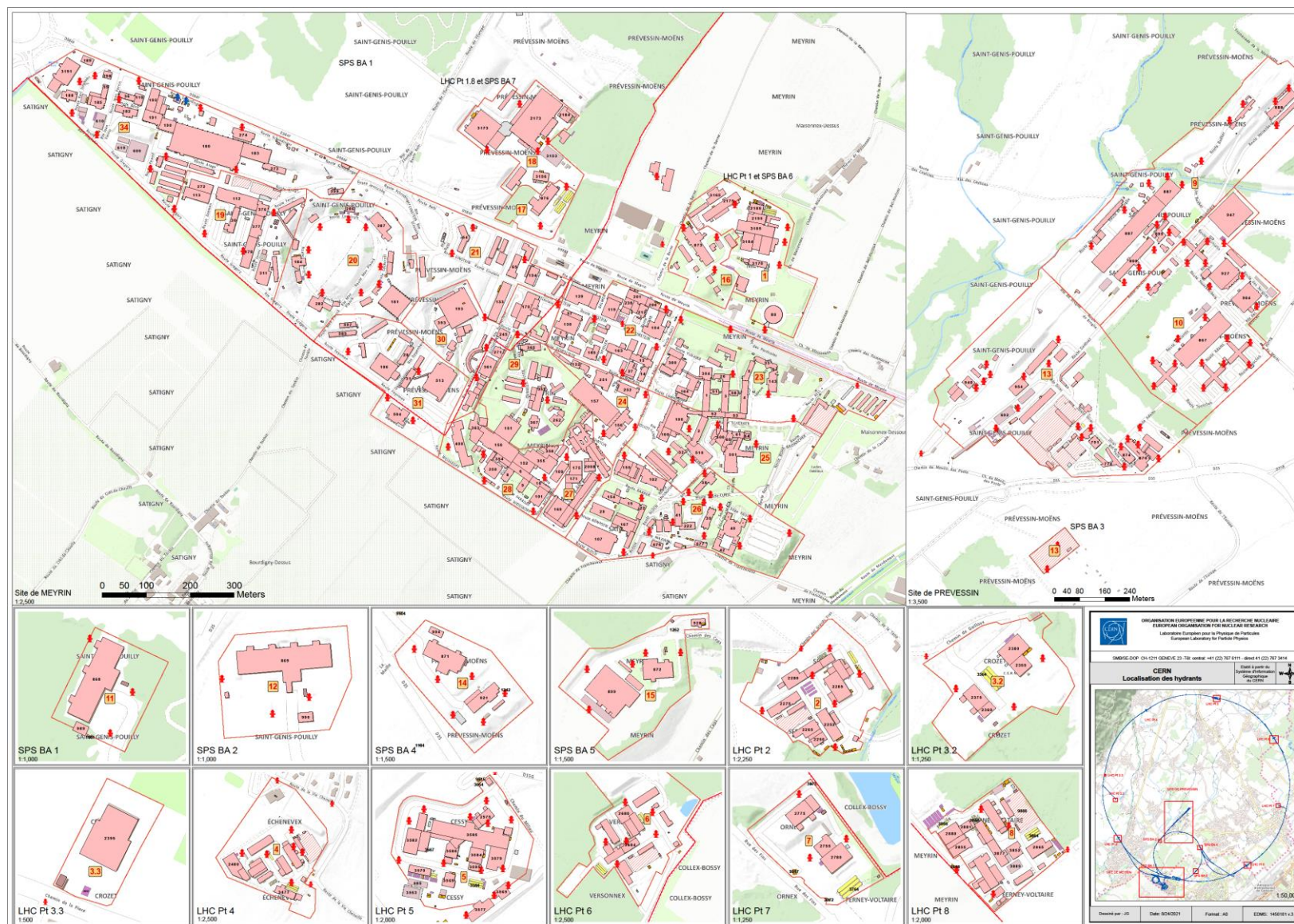


Figure 10 : présentation des différents sites du CERN avec la localisation des hydrants

1.3 Missions réalisées et sujet d'étude

Cette partie vise à (1) présenter les missions réalisées au cours de cette année au sein du programme *Étudiant Technique* du CERN et (2) à mettre en évidence le sujet d'étude retenu pour ce rapport au sein de ces différentes missions.

1.3.1 Tâches effectuées

La majorité des missions ont pour point commun leur lien avec le Système d'Information Géographique du CERN et le premier besoin du service a été de mettre à jour les portails liés au système qu'ils utilisent. Le tout, pour améliorer l'ergonomie de l'outil d'une part, et le taux d'utilisation par les pompiers d'autre part. C'est pourquoi la [fig.11](#) qui présente les tâches effectuées est axé autour de celles liées au GIS. Elles se décomposent du *WorkPackage (WP) 1* au *WP 3* :

WP1 : Avec une formation de géographe et d'ingénierie spatiale, d'une part, et au regard du contexte particulier du métier de pompier (haute maîtrise des concepts du risque et ceux opérationnels) il a d'abord été question de comprendre leur besoin. Cela s'est fait via une enquête par des entretiens semi-directif avec un échantillon de 47 enquêtés. Aussi, l'analyse des résultats a permis la création de plusieurs préconisations qui ont été une feuille de route nécessaire pour la mise à jour ultérieure du GIS ;

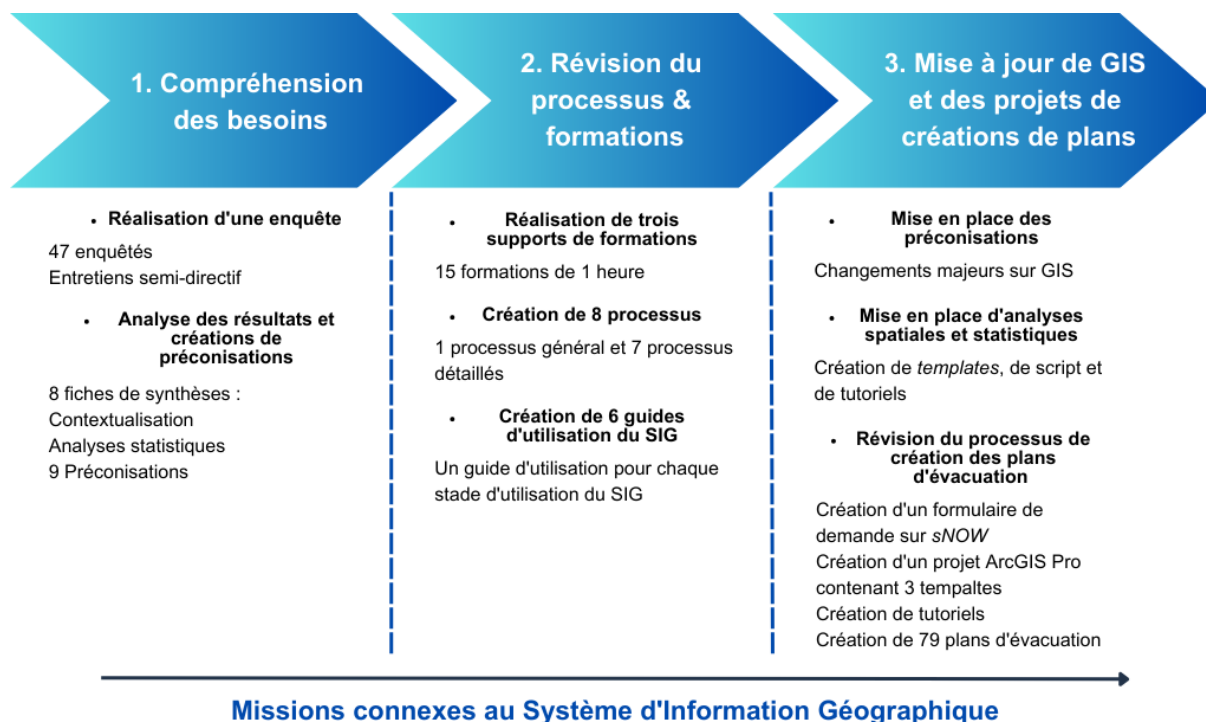
WP2 : Ensuite, il a été question de réviser les processus et les procédures qui expliquent comment interagir avec l'outil à différents stades d'intervention et pour éditer de la donnée spatiale (création de 8 processus et de 6 guides pour le GIS). Pour transmettre ce savoir, il a aussi été question de donner des formations : 15 heures au total.

WP3 : Enfin, en ce qui concerne le GIS, le *WP 3* a consisté à mettre à jour ce dernier et à créer des projets d'élaborations de plans (d'évacuation). En outre, plusieurs analyses et *Templates* d'analyse ont été réalisés pour renforcer la réponse opérationnelle et préventive du CERN face au risque.

Concrètement, l'analyse du risque se justifie par le fait que cette démarche permet au CERN d'améliorer son (1) identification des risques et de mieux comprendre leurs causes et leurs conséquences potentielles. Elle va aussi contribuer à (2) évaluer ces risques (en tenant compte de leur probabilité d'occurrence et de leur impact potentiel) afin de prioriser ceux qui sont les plus importants et de planifier des mesures en conséquence pour les gérer. Cela permet (3) aussi de mettre en place des mesures pour gérer ces risques : en mettant en place des mesures préventives pour réduire probabilité d'occurrence et des mesures d'atténuation pour réduire leur impact potentiel. Enfin, cette démarche s'inscrit dans une amélioration de la prise de décision du Service Secours & Feu qui sera en mesure de prendre en compte ces risques lors de la planification de leur réponse préventive (formations, plans) et opérationnelles (interventions).

Au-delà de ces trois *WP*, il y a eu des missions connexes au GIS du CERN : avec d'abord l'élaboration de l'anglais technique simplifié. Ces langages ont été intégrés aux procédures pour simplifier leur la création de 6 *Templates* de documents administratifs et opérationnels. Ils ont servi à remettre à jour des procédures opérationnelles pour faire face à des risques qui ont été reliés au GIS par le biais de lien. Un langage français technique a aussi été créé en s'inspirant de travaux réalisés lors de compréhension de la part des pompiers. Enfin, l'ensemble des pictogrammes de l'unité HSE ont été revus et créés en fonction des besoins, pour garantir le droit d'auteur et en vertu d'un cadre normatif international, européen et national (pays hôtes du CERN).

Missions réalisées au CERN dans le cadre du programme Étudiant Technique



- **Création de *templates* de documents administratifs et opérationnels** 6 *templates*
- **Standardisation d'un langage Français Technique** Création d'une méthodologie et d'un dictionnaire
- **Création de pictogrammes avec un cadre normatif** 147 pictogrammes

Figure 11 : tâches effectuées, au CERN, lors du programme Étudiant Technique de l'année 2022-2023

1.3.2 Analyse du sujet

Conformément à la [problématique](#) proposée en introduction au sein de ce travail, il s'agit d'interroger (1) l'utilité et (2) l'usage du GIS du CERN.

Précisément, il est question de déterminer « l'utilité » de l'outil et de juger l'efficacité du service proposé par le GIS du CERN avec les données spatiales qu'ils géolocalisent (*Cambridge Dictionary*, s.d). L'utilité du GIS au sein du Service Secours & Feu sera analysée en délivrant les résultats de l'enquête. L'enjeu est de déterminer si (1) le GIS du CERN, en octobre 2022, était adapté à l'utilisation par les pompiers et (2) à identifier les domaines susceptibles d'être améliorés. Ensuite, l'enjeu est d'améliorer l'usage du GIS, à savoir « la manière dont il est utilisé » (*Cambridge Dictionary*, s.d). La révision des processus GIS, la réalisation de formations et enfin la mise en place de préconisations doivent permettre de mettre à jour et d'améliorer le GIS. En outre, il sera question de (3) contribuer à une cartographie des risques pour l'Organisation ; comme expliqué ci-avant.

2. Méthodologie

Pour présenter la méthodologie retenue, le schéma de présentation des missions ([fig. 11](#)) servira de plan : il sera d'abord question de s'intéresser à la méthodologie (2.1) adoptée pour comprendre les besoins (2.1) ; puis à celle pour réviser le processus du GIS et pour la réalisation des formations (2.2). Enfin, la méthodologie retenue pour mettre à jour le GIS et celle identifiée pour mettre en place des analyses spatiales seront données en dernier lieu (2.3).

2.1 Méthodologie adoptée pour la compréhension des besoins des pompiers concernant le GIS du CERN

Concernant l'enquête, il s'agit de (1) présenter les méthodes choisies pour sa préparation, puis (2) celles mobilisées pour son analyse.

2.1.1 Méthodes pour préparer l'enquête

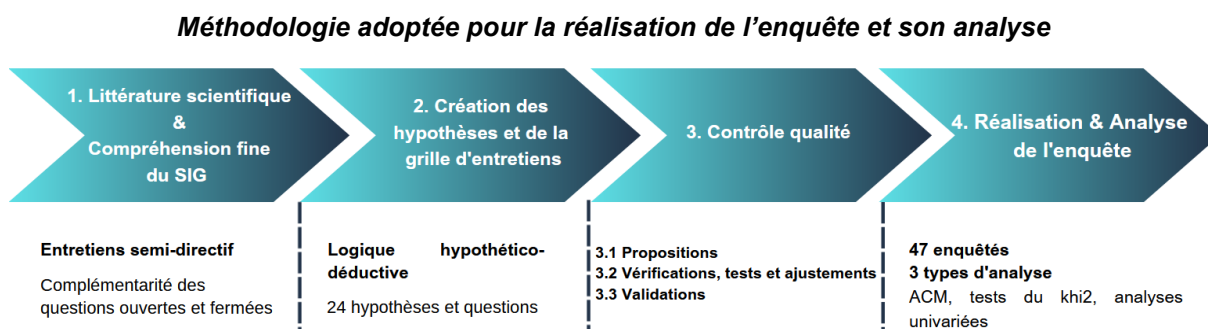


Figure 12 : Cette figure décrit les quatre étapes majeures suivies pour la réalisation de l'enquête et son analyse

La [fig.12](#) schématise les étapes suivies pour préparer l'ensemble de l'enquête. Précisément, il a d'abord été décidé de consulter la littérature existante sur les enquêtes avant de la préparer en respectant le contexte spécifique du Service Secours & Feu du CERN. Ce premier travail a conduit à choisir l'entretien semi-directif pour mener l'enquête. Ce type d'entretien a été choisi car il a été attendu de l'enquête : un taux de réponse maximal d'une part et une liberté d'expression optimale pour les répondants d'autre part. Son avantage principal est qu'il combine des questions ouvertes (permettant à l'enquêté d'exprimer son opinion et à l'enquêteur de rebondir pour construire un échange) et des questions fermées (qui fournissent à l'enquête des données qualitatives fiables et comparables pour l'analyse). Cette complémentarité entre ces deux types de questions et les interactions que permet l'entretien semi-structuré constitue une méthode d'enquête intéressante pour motiver les sapeurs-pompiers à exprimer, librement, leurs besoins en matière de GIS. À *contrario*, l'inconvénient principal des entretiens semi-structurés est que cette méthode nécessite un temps de préparation important et des compétences de codage et d'analyse après l'enquête. Les compétences d'analyse ont été suffisantes et le temps à disposition également. Par ailleurs, pour élaborer des questions de l'enquête, il fallait aussi comprendre finement les portails GIS du Service Secours & Feu. La méthode choisie pour cela a été de deux ordres : (1) sonder la documentation existante créée par le Service GIS du CERN et (2) apprendre de ces portails GIS par la pratique.

L'étape qui a suivi a été relative à la création des hypothèses et des grilles d'entretien. Elles ont été créées selon une compréhension fine, du GIS du CERN, et selon les préconisations de diverses sources de la littérature existante sur les entretiens semi-directif.

Pour s'assurer de la bonne qualité de ce travail de préparation des grilles d'entretiens, il a été décidé de : (1) de proposer ces grilles aux officiers pompiers et au chef du Service Secours & Feu afin que des tests, des ajustements soient effectués, au besoin, avant leurs validations. Cette troisième étape au sein de la méthodologie est un contrôle de la qualité de l'enquête. Cet aspect de la méthode est inspiré du livre de Avril et *al.* (2011) qui définit le contrôle qualité comme « une opération destinée à déterminer [...] si le service contrôlé est conforme ou non à ses spécifications ou exigences préétablies [...] en incluant une décision d'acceptation, de

rejet ou de retouche ». Par souci de continuité, ce contrôle de qualité sera intégré au sein des trois *Work Packages* mentionnés ci-avant (fig. 11).

L'étape finale concernant l'enquête est sa réalisation. Avant d'effectuer les entretiens, il a été décidé (en concertation avec les officiers pompiers du Service Secours & Feu) de réaliser une présentation pour les pompiers du service afin de démontrer l'intérêt et le fondement de cette enquête et de contextualiser l'utilisation d'un GIS.

2.1.2 Méthodes pour l'analyse des données de l'enquête

Afin de comprendre les besoins des pompiers en matière de GIS et de rendre interprétable leur degré d'appropriation de l'outil, plusieurs analyses statistiques ont été choisies en respectant une logique générale hypothético-déductive (fig. 13). Elles seront présentées au sein de cette partie après avoir donné le cadre général.

Cadre général des analyses

La logique hypothético-déductive permet de formuler une ou plusieurs hypothèses, d'en déduire des conséquences observables futures puis de les affirmer ou de les infirmer (ici, grâce aux statistiques).

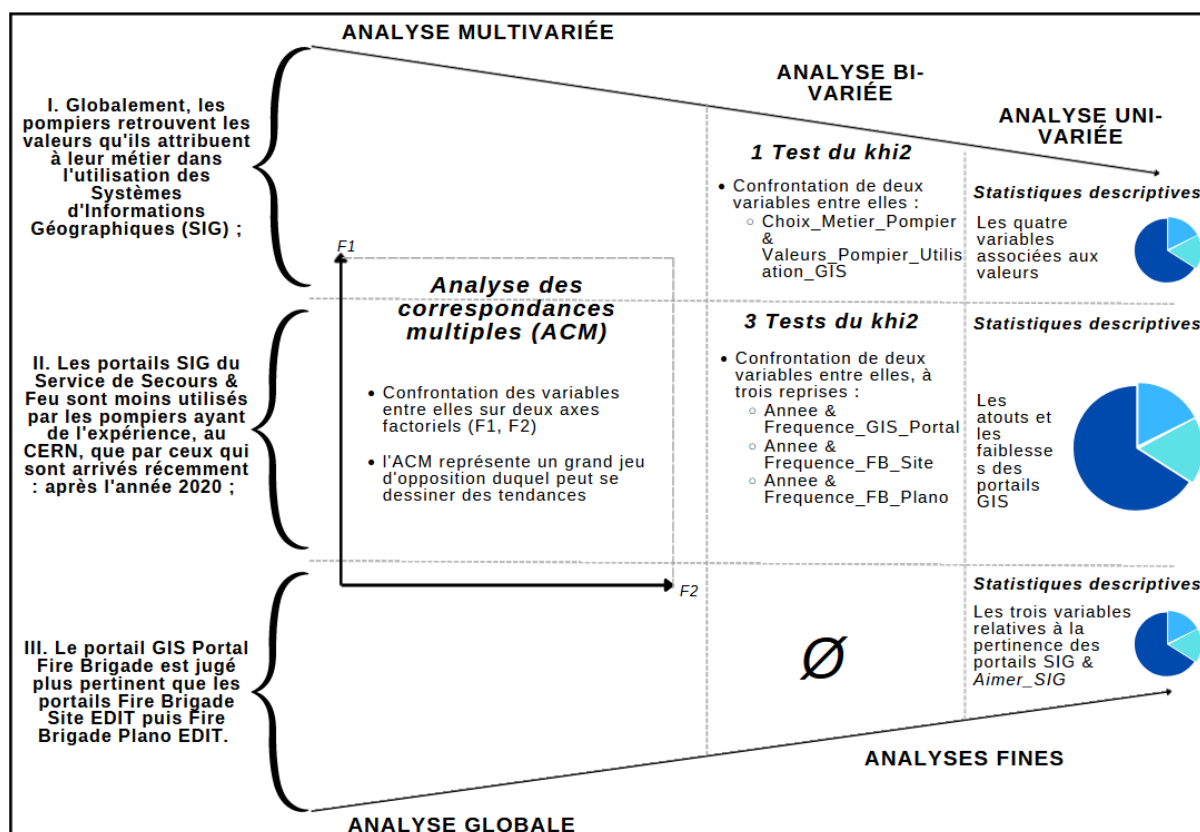


Figure 13 : Schéma de synthèse des analyses choisies en fonction des hypothèses retenues

Pour chaque question posée lors des entretiens, une hypothèse a été réfléchiée au préalable. Le tableau 5, précisé en annexe, donne le détail de chaque hypothèse et de chaque question créée dans le cadre de cette enquête. Ces hypothèses ont été confrontées à un contrôle de qualité des officiers du Service Secours & Feu (par le biais de réunions et de débats) et trois d'entre-elles ont été retenues pour les testées statistiquement. C'est ce qu'illustre la fig.13 : les trois hypothèses retenues ont fait l'objet d'analyses statistiques globales (Analyse par correspondances multiples) et fines (Test du khi2, statistiques descriptives). Pour réaliser ces analyses statistiques, qui vont être décrites à la suite de ce

paragraphe, plusieurs variables ont été retenues. Elles figurent au sein de la [fig. 13](#) et elles sont décrites au sein des [fig. 61](#), [62](#) et [63](#) en annexe.

Analyse des correspondances multiples (ACM)

L'ACM est une méthode d'analyse factorielle destinée aux données qualitatives qui permet (1) d'analyser plusieurs variables d'une même étude et (2) de déterminer des tendances entre elles (Duval, 2013). L'ensemble des variables décrites au sein des [fig. 61](#), [62](#) et [63](#) ont été utilisées et les modalités y sont décrites.

Précisons, aussi, que :

- Pour éviter les biais statistiques, toutes les valeurs manquantes au sein des variables choisies pour l'ACM ont été remplacées par : $\emptyset$;
- Et que les modalités inférieures à 5 % ont été supprimées ou fusionnées.

L'objectif d'utiliser l'ACM comme première méthode d'analyse est de deux ordres : (1) de définir des premières tendances au sein des variables retenues et (2) de mieux appréhender les hypothèses pour les affirmer ou les infirmer avec des méthodes d'analyse plus fines.

Tests du khi2 et statistiques descriptives

Comme l'illustre la [fig. 13](#), pour confirmer ou infirmer les hypothèses, plusieurs tests khi2 vont être réalisés. En effet, c'est un test statistique qui suit la « loi du χ^2 » selon une hypothèse nulle (Bosia, 2010). Concrètement, cela permet de tester la dépendance ou l'indépendance entre deux variables qualitatives. L'hypothèse nulle retenue pour les analyses est la suivante : les lignes et les colonnes du tableau de contingence sont indépendantes : L'hypothèse nulle est rejetée lorsque la p-value calculée est inférieure au niveau de signification du seuil alpha (qui est de 0,05). Ce dernier est calculé selon la formule suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \frac{(f_{ij} - t_{ij})^2}{t_{ij}}$$

Figure 14 : calcul du test du khi2

À la suite de ces analyses bi-variées et des commentaires qui y sont liés, des statistiques descriptives (analyses uni-variées) permettront d'approfondir ces résultats pour chaque variable mentionnée ([fig. 13](#)).

2.2 Méthodes choisies pour la révision des processus de GIS et pour la réalisation des formations le concernant

Après la compréhension des besoins des pompiers : (1) le processus d'utilisation du GIS a été revu et (2) des formations ont été données.

2.2.1 Méthodes choisies pour l'élaboration des processus d'utilisation des portails GIS du Service de Secours et Feu

La [fig. 15](#) schématise les étapes suivies pour réviser l'ensemble des processus d'utilisation des portails GIS du Service Secours & Feu.

Méthodologie retenue pour élaborer les processus GIS du Service Secours & Feu

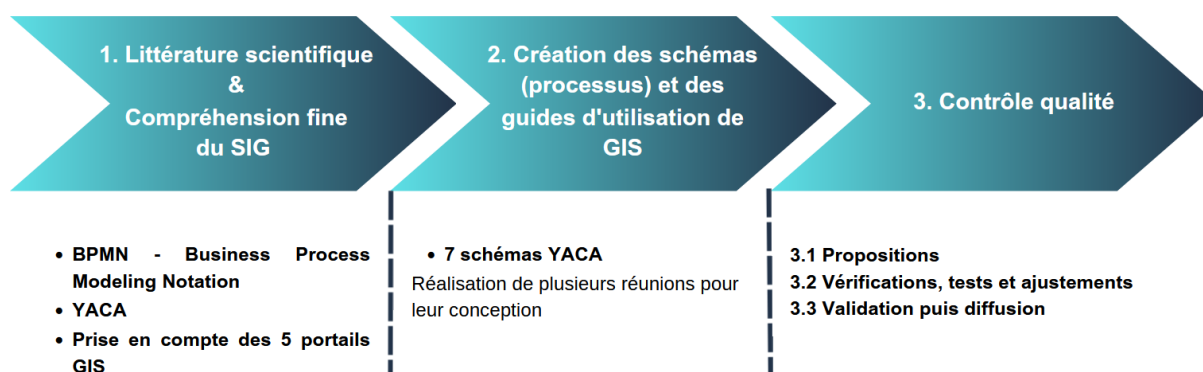


Figure 15 : Ce schéma décrit les trois étapes préconisées pour l'élaboration des processus GIS

Précisément, à la suite de compréhension fine des portails GIS qui s'est faite lors de l'élaboration de l'enquête, il a été question de savoir comment représenter les processus d'utilisation qui allaient être pensés. Pour ce faire, la littérature scientifique a été consultée et deux références majeures ont été retenues : (1) *Business Process Modal And Notation* (BPMN) et (2) *Yet Another Charting Approach* YACA. La première, qui est une norme ISO 19510, est une méthode de modélisation des processus permettant de décrire les chaînes de valeur et les activités d'une organisation sous la forme d'une représentation graphique (*BPMN Specification*, s.d.). Son langage d'organigramme pour représenter les processus d'entreprise est proche du langage de modélisation unifié (UML) (White, s.d.). Son objectif est de soutenir la gestion des processus d'entreprise en fournissant une notation intuitive pour tous les professionnels et pour tout type de sémantique de processus, même complexe. Pierre Bonnal, en 2015, a écrit un article scientifique pour introduire YACA : un cadre de diagramme de processus conçu pour « améliorer la modélisation des processus de collaboration ». En plus de répondre au même objectif que BPMN, YACA permet de ne pas « minimiser l'importance des interactions humaines » au sein des processus d'entreprise (Bonnal, 2015).

L'humain étant central au sein des activités liées au métier de pompier, le choix a été fait d'utiliser YACA pour modéliser les processus d'utilisation du GIS du CERN. Au total, 7 schémas ont été réalisés. Pour les contextualiser, un graphique synthétisant l'ensemble des interactions possible avec les portails GIS a été effectué.

Enfin, un contrôle qualité avec l'ensemble des officiers a été réalisé pour s'assurer de leur véracité et de leur intuitivité.

2.2.2 Méthodes adoptées de la conception à la réalisation des formations GIS du Service de Secours et Feu

Les méthodes adoptées pour réaliser les formations GIS se basent sur les mêmes étapes que celles détaillées ci-avant (fig. 16) : (1) compréhension fine de l'objet d'étude, (2) création des supports et un (3) contrôle pour s'assurer de leur qualité. Au total, 3 supports de présentation et 2 fiches *TakeAway* synthétisant l'ensemble des éléments d'étude ont été effectués. Ces fiches de révisions ont été faites pour « faciliter tant l'acquisition des connaissances que leur révision » (Pomès, 2012). Enfin, ces réalisations se sont basées sur les éléments retenus de l'enquête et ont permis d'expliquer certains processus d'utilisation du GIS. Les officiers pompiers du Service Secours & Feu ont été mobilisés pour le contrôle qualité de ces formations et de ces documents.

Méthodologie préconisée pour la réalisation des formations GIS



Figure16 : Schéma de synthèse des étapes adoptées pour concevoir et réaliser les formations GIS

2.3 Méthodes envisagées pour améliorer l'usage et l'utilité du GIS du CERN et pour élaborer une cartographie des risques

Si les méthodes présentées du WP 1 et 2 permettent de connaître l'utilisation et l'usage que font les pompiers du GIS du CERN, il s'agit de savoir quelles méthodes ont été choisies pour éclairer la manière dont l'outil peut (1) être amélioré puis (2) contribuer à une cartographie des risques.

2.3.1 Méthodes choisies pour améliorer l'usage et l'utilité du GIS pour le Service Secours & Feu

Pour améliorer l'usage et l'utilité du GIS du CERN, deux choix ont été faits : (1) réviser le processus de création des plans d'évacuations en les élaborant via les outils GIS et (2) prendre en compte les besoins révélés par l'enquête et mettre en place des mises à jour du GIS.

Révision du processus de création des plans d'évacuation en utilisant les outils GIS

Pour mettre en application le premier choix, la méthode suivante a été envisagée ([fig. 17](#)) :

Méthodologie illustrée pour l'élaboration de plans d'évacuation



Figure 17 : Étapes choisies pour l'élaboration des plans d'évacuation du Service Secours & Feu du CERN

La première étape de la méthode a été la compréhension de la mission donnée en prenant en compte les instructions laissées par Valentin Algoet, ingénieur en préparation aux situations d'urgence. Concrètement, plusieurs documents réglementaires des États Français et Suisse puis celles spécifiques au complexe d'accélérateurs du CERN ont été consultés. Cette étape a été fondamentale pour appliquer les règles en vigueur au sein des plans d'évacuation : la largeur des chemins d'évacuation et le nombre d'issues de secours en fonction de la nature du bâtiment sont des exemples (*SiteSecurite*, s.d. et *SECO*, s.d.).

La deuxième étape a été la mobilisation des ressources techniques nécessaires pour élaborer les plans d'évacuation. ArcGIS Pro et Field Maps ont été choisis pour améliorer l'utilité et l'usage du GIS du CERN dans le cadre de cette mission. En effet, Field Maps permet de consulter et d'éditer la donnée spatiale directement sur le terrain, via une tablette et ArcGIS Pro assure la cartographie des plans sur un ordinateur. Ces choix ont été effectués pour centraliser le processus de création sur une même boîte d'outil et pour faciliter le suivi (sauvegarde, exportation des plans et des cartes réutilisables en l'état) puis la gestion (*Templates* prêts à l'usage) des projets.

Afin de faciliter la passation de l'activité, plusieurs tutoriels ont été créés. Cette dernière étape a été importante pour pérenniser l'utilisation du GIS dans le cadre de cette mission.

Mise en place des préconisations relevés par l'enquête pour améliorer l'utilisation et l'usage du GIS du Service Secours & Feu

La réalisation des préconisations identifiées lors de l'enquête repose d'abord ([fig. 18](#)) sur la compréhension des besoins effectuées au cours de cette dernière.

Méthodologie retenue pour la mise en place des préconisations GIS



Figure 18 : Étapes retenues pour procéder aux mises à jour des portails GIS du Service Secours & Feu

Ensuite, différentes ressources ont dû être mobilisées pour réaliser ces préconisations : des pictogrammes qui s'appuient sur les standards internationaux (norme *ISO 7010*) et nationaux (*AEAI* pour la Suisse et *NF X 08-070* pour la France). Par ailleurs, différents projets ArcGIS Pro contenant les couches de données désirées ont été créés pour procéder à ces préconisations. Deux matrices de données ont été créées pour référencer chacun des changements. Elles indiquent la taille, le zoom préconisé, l'affichage d'un label ou non, et la sélection par défaut ou non de chaque pictogramme créé sur les différents portails GIS du Service Secours & Feu. Cette deuxième étape de la méthode a aussi été choisie pour : (1) avoir une sauvegarde et (2) une justification des changements réalisés. Cela pourra servir de base pour continuer à contribuer à l'évolution de l'outil à la suite de ce stage.

Enfin, l'ensemble de ce procédé a permis la réalisation des livrables mentionnés au sein de la [fig. 18](#). Leur création se justifie par la volonté (1) d'améliorer l'utilité et l'usage des portails GIS et (2) d'aider à la prise de décision. Pour s'assurer de leur qualité et de leur conformité avec les attentes des pompiers, un contrôle de qualité a été préconisé dans la méthodologie : il a été réalisé avec l'ensemble des officiers pompiers.

2.3.2 La réalisation d'une cartographie du risque comme outil d'aide à la prise de décision : méthodes retenues

Création d'un indicateur d'analyse du risque pour le CERN

Comme pour les méthodologies présentées ci-avant, un schéma présente les étapes suivies pour cartographier le risque au CERN ([fig. 19](#)) :

Méthodologie identifiée pour la cartographie du risque au CERN



Figure 19 : Étapes suivies pour l'élaboration d'une cartographie du risque au CERN

D'abord, l'analyse du risque au CERN avait deux critères au préalable : (1) prendre en compte les caractéristiques spécifiques au CERN (accélérateurs, tunnels, diversité de bâtiments de natures différentes, visiteurs et personnels nombreux) ; et (2) s'inscrire dans la continuité des indicateurs réalisés au sein de l'Organisation, car ils respectent les standards dans le domaine. C'est pourquoi la littérature a été consultée ([section 1.1](#)). Chronologiquement, la formule précisée en annexe a été retenue ([fig. 40](#)) : elle s'appuie sur la littérature relative à l'analyse globale des risques. Cependant, afin de se rapprocher de l'échelle d'analyse du CERN (échelle d'analyse fine), par manque de données disponibles, et pour être en phase avec les analyses de risque qui ont été effectuées au CERN, la formule de risque qui avait été choisie pour consolider les activités a été reprise pour cette étude. Cependant, le contexte est cette fois différent : il ne s'agit plus d'évaluer le risque de défaillance technique des accélérateurs, mais d'évaluer le risque qui peut aussi potentiellement avoir un impact sur l'homme. Les critères d'impact ont donc été modifiés ([tableau 1 et 2](#)) et choisis en concertation avec les ingénieurs de sécurité de l'organisation (dans un souci de fiabilité).

$$R = P * \text{MAX}(I_p ; I_b ; I_e ; I_r)$$

Dans cette formule : R est égal au risque, P à la probabilité d'occurrence, I à l'impact, p aux individus, b aux biens, e à l'environnement et r à la réputation du CERN.

À la suite de l'étude des concepts mobilisés pour cette formule et après validation par des ingénieurs sécurité et de Pierre Bonnal (dans le cadre de réunions de concertations), il a été question de mobiliser les ressources : les données nécessaires pour la réalisation de la formule et les outils à employer. En ce qui concerne les données, de nombreux services ont été sollicités pour savoir s'il était possible de disposer des données à leur disposition. Les thèmes ont été les suivants : employés internes et externes, formations, visiteurs, dangers multiples, accessibilité et incidents. Après consultation des données en concertation avec les parties prenantes qui ont validé la formule de mesure du risque, seule la base de données des risques chimiques a été retenue car : elle est le résultat d'un inventaire des produits chimiques au sein de l'Organisation, de manière systématique et fiable. Plus de détails à propos de la base de données et de l'outil CERES (qui permet l'ajout et la gestion de ces données) sont donnés en annexe ([page 63](#)). Pour les autres bases de données, soit des biais compliquaient leurs exploitations, soit l'autorisation n'a pas été obtenu de la part des propriétaires. Ainsi,

nous partirons du scénario théorique que ces inventaires sont des incidents fictifs, et nous pourrons ainsi juger la méthodologie mobilisée et le CERN sera libre de la réutiliser lorsque des données seront disponibles. Par ailleurs, pour traiter les données et procédés aux calculs, l'outil *R* a été choisi car il est libre d'accès et un script d'analyse pourra ensuite être à disposition du CERN pour de futures analyses potentielles. Ce script est donné en annexe, à partir de la [page 64](#) et le détail du traitement des données est ensuite donné [page 84](#).

Au regard des données à disposition sur les risques chimiques, les critères retenus pour la formule sont précisés dans les deux tableaux ci-après :

	Probabilité d'occurrence
Rare ; probabilité : 0,1	Une fois tous les 10 ans
Possible ; probabilité : 0,5	Une fois tous les 5 ans
Probable ! probabilité : 0,75	Une fois tous les 2 ans
Fréquent ; probabilité : 0,9	Entre une fois et plusieurs fois par an

Tableau 1 : critères de probabilité d'occurrence retenus pour la mesure du risque

Les données de la base de données datent, pour les plus anciennes de 2005. C'est pourquoi les critères de probabilité d'occurrence ont été modifiés ([tableau 1](#)) par rapport à ceux utilisés pour évaluer le risque au sein des activités du CERN en 2004 ([tableau 3](#)).

	Impact sur les personnes	Impact sur les biens	Impact sur l'environnement	Impact sur la réputation
Insignifiant ; 0,1	Pas de blessure	Pas de conséquence sur les infrastructures	Pas de conséquence environnementale	Pas de conséquence sur la réputation
Modéré ; 0,5	Blessure nécessitant des soins médicaux, pas de perte de jours de travail	Domage modéré, rénovation mineure nécessaire sans impact sur les activités	Pollution manifeste nécessitant l'intervention du personnel compétant	Problème nécessitant un audit interne à l'échelle d'un département / d'une unité
Majeur ; 0,75	Blessure grave, perte de jours de travail	Domage majeur, Rénovation majeure et immobilisation des activités	Pollution majeure au sein du territoire du CERN	Problème nécessitant d'être discuté avec la Directrice Générale du CERN
Catastrophique ; 0,9	Perte d'une vie	Immobilisation des activités sur une longue durée et impact sur le territoire périphérique au CERN	Pollution ayant un impact sur le territoire intra et périphérique du CERN	Problème nécessitant d'être discuté avec les États Membres du CERN

Tableau 2 : critères d'impacts potentiels retenus pour la mesure du risque

Concernant les critères d'impacts potentiels retenus, les critères changent par rapport à ceux utilisés en 2004 car l'analyse ne concerne pas que les activités de l'Organisation, mais aussi l'environnement et les personnes internes et externes du CERN ([tableau 2](#)).

Méthodologie retenue pour cartographier le risque

À partir des données issues de l'indicateur du risque, il est possible de faire de l'analyse spatiale. C'est « un processus de manipulation de l'information spatiale pour extraire de nouvelles informations à partir de données originales » (11. *Analyse Spatiale (Interpolation)* — *Documentation QGIS Documentation*, s.d.) C'est ArcGIS Pro qui a été utilisé, car c'est l'outil GIS majeur du CERN. Pour ce faire, trois méthodes ont été utilisées : (1) celle des cartes de densité, en utilisant la méthode "constant" ; (2) celle des représentations des différents types de risques, en utilisant les couleurs RVB (rouge, vert, bleu) ; et (3) celle liée à l'interpolation, en mobilisant la méthode dite *IDW*, ou pondération inverse à la distance.

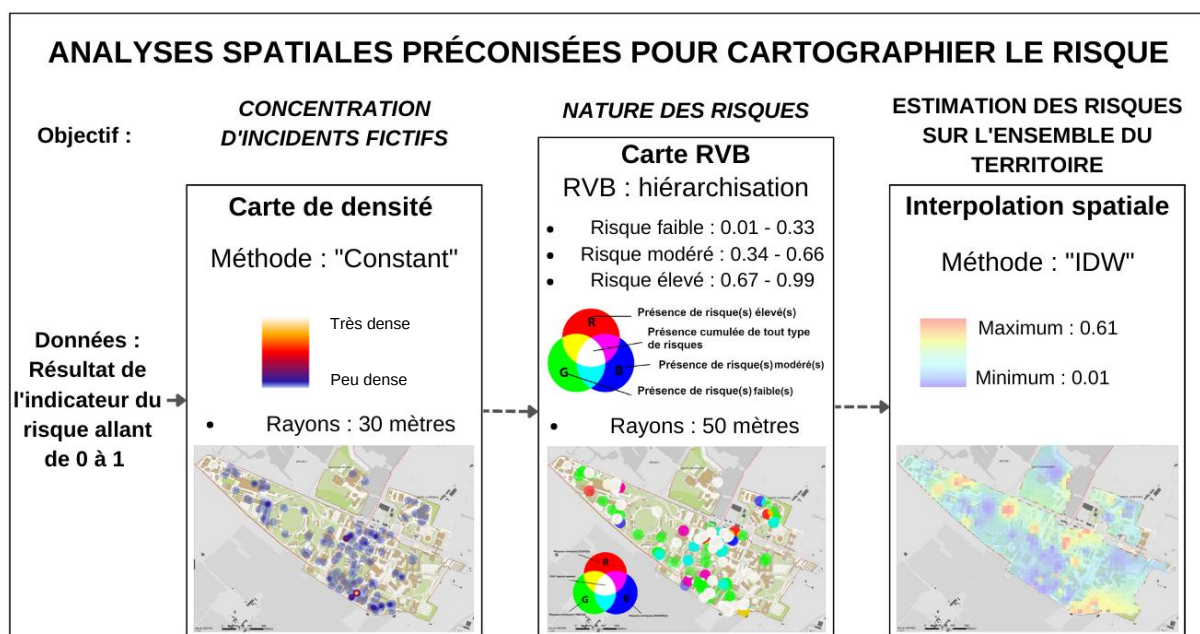


Figure 20 : raisonnement méthodologique général pour cartographier le risque

La carte de densité est utilisée dans cette étude pour dessiner des surfaces représentatives de la densité relative des données ponctuelles des incidents chimiques fictifs (*Symbologie d'une carte de densité*, s.d.). Concrètement, au sein de la donnée raster qui en résulte, plus la couleur de la surface relative est chaude, plus la densité d'incidents fictifs y est élevée. Pour ce faire, c'est la méthode « Constant » d'ArcGIS Pro qui a été utilisée : « la définition de la densité (la relation de chaque couleur de la combinaison à la valeur de densité) demeure constante quelle que soit l'étendue de la carte. La méthode constante permet de réaliser des comparaisons précises entre différentes surfaces de la carte ». (*Symbologie d'une carte de densité*, s.d.).

D'un point de vue opérationnel et préventif, à un endroit donné et sur une période donnée, le nombre d'incidents est la première information à connaître (probabilité d'occurrence) et c'est ce qu'illustre la carte de densité. Ensuite, pour aller au-delà des concentrations d'incidents, il a été décidé de s'interroger sur la nature des incidents. Ceci en prenant en compte la superposition potentielle d'incidents fictifs, et donc de points sur la carte. En effet, comme cela a été discuté lors du choix de l'indicateur, l'impact (conséquence) des incidents est également une information à prendre en compte. Comme l'illustre la [fig. 20](#) l'indicateur de mesure du risque permettra de déterminer trois types de risque : faible, modéré et/ou élevé. Ainsi, au-delà du nombre d'incidents à un endroit et à un moment donné, il n'y a pas le même impact à avoir dix résultats de risque faible, de risque modéré, de risque élevé et/ou un chevauchement de différents types de risques. Pour représenter cela, c'est le code couleur RVB qui a été choisi : « ce codage a été développé en 1931 par la Commission internationale de l'Eclairage (CIE). C'est le modèle idéal pour expliquer la synthèse additive des couleurs puisqu'il consiste à représenter l'espace des couleurs à partir des trois couleurs primaires » (UVED, 2008). Concrètement, le rouge sera utilisé pour représenter la présence risque(s) élevé(s), le bleu pour celle de risque(s) modéré(s) et enfin le vert pour celle de risque(s) faible(s). Comme l'illustre la [fig. 20](#) la double présence de risque modéré et faible est représentée par la couleur cyan ; celle entre risque élevé et modéré par la couleur magenta et celle entre risque élevé et faible par la couleur jaune. Enfin, s'il y a la présence de tous les types de risque à un endroit donné, cela sera représenté par la couleur blanche.

L'interpolation spatiale a été choisie comme troisième et dernière méthode pour représenter le risque au CERN. « L'interpolation spatiale est le processus d'utilisation de points dont les valeurs sont connues pour estimer des valeurs à d'autres points inconnus »

(11. *Analyse Spatiale (Interpolation)* — *Documentation QGIS Documentation*, s.d.). Cela revient à estimer le risque sur l'ensemble de l'espace clôturé du CERN (dont les espaces où la donnée est manquante) à partir des incidents fictifs actuels (points). Il existe plusieurs méthodes de pondération spatiale, et c'est la Pondération par l'Inverse à la Distance qui a été retenue (IDW). Au sein de cette méthode, les points d'échantillonnage sont pondérés pendant l'interpolation de sorte que l'influence d'un point par rapport à un autre diminue avec la distance du point inconnu ([fig. 20](#)). « Cette méthode suppose que l'influence de la variable tracée décroît avec la distance par rapport à l'emplacement échantillonné » (*Fonctionnement de IDW—ArcGIS Pro | Documentation*, s.d.) C'est le résultat allant de 0 à 1 de l'indicateur d'analyse du risque qui est utilisé pour pondérer le tout. Ainsi, lors de l'interpolation du domaine clôturé du CERN, le risque d'un emplacement inconnu sera considéré comme plus élevé s'il est proche de points qui ont une valeur élevée (soit, proche de 1), et vice versa : l'espace présentera peu de risque, s'il est situé à proximité de points avec une valeur faible (proche de 0).

Enfin, précisons que comme pour les méthodologies précédentes, un contrôle de qualité a été effectué concernant les livrables pour s'assurer de leur fiabilité. Maintenant que les concepts mobilisés ont été détaillés et que l'ensemble des méthodes ont été présentées, il s'agit de présenter les résultats.

3. Résultats

Bien que chronologiquement la révision des processus du GIS du CERN ait été réalisé après l'enquête pour comprendre son utilité, les processus seront présentés en premier lieu. En effet, ils permettront de bien contextualiser l'usage du GIS par les pompiers et de mieux comprendre l'utilité et les améliorations proposées qui seront présentées par la suite. Ainsi, le processus du GIS sera d'abord présenté (3.1) et cette partie sera suivie par l'analyse des résultats d'enquête (3.2). Enfin, les résultats de l'analyse des risques seront donnés dans une troisième sous-section (3.3) et permettront de comprendre comment le GIS peut contribuer à une cartographie des risques au CERN.

3.1 Révision du processus GIS et réalisation de formations : avoir une vision globale de l'usage par les pompiers de l'outil, formaliser puis optimiser les activités

Pour présenter les processus du GIS du CERN, une cartographie globale des interactions possibles avec l'outil sera d'abord présentée pour avoir une contextualisation générale. Ensuite, un processus d'intervention sera présenté et l'usage possible du GIS sera donné dans ce cadre. Enfin, les processus d'édition liés à l'outil seront donnés ([encadré 3](#)).

Ces documents exposent de façon globale les interactions avec le GIS du CERN de la part des pompiers en prenant l'exemple d'incidents environnementaux. Ces documents n'exposent pas toutes les possibilités d'utilisation envisageable en raison du caractère unique de chaque incident et des circonstances exceptionnelles qui peuvent s'ajouter à celui-ci (multirisque, effets dominos, et cetera). En outre, l'analyse de ces documents sera axée sur le GIS du CERN, en vertu de la problématique donnée, et des compléments d'explications sur les processus d'intervention seront donnés en annexes ([page 85](#)).

Encadré 3 : précisions concernant les documents présentés sur les processus GIS du CERN

+3.1.1 Processus GIS révisés

Cartographie globale du GIS du Service Secours & Feu

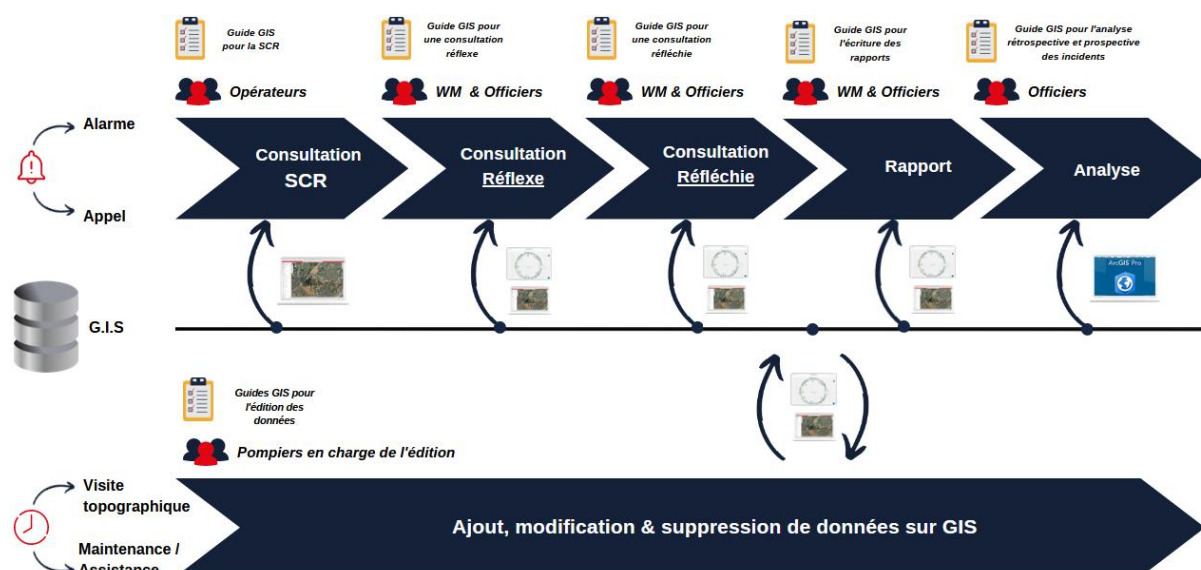


Figure 21 : Cartographie globale du GIS du Service Secours & Feu / Auteur : Jules Grandvillemin

Comme l'illustre la [fig. 21](#), en cas d'alarme ou d'appel, plusieurs interactions peuvent être effectuées le GIS du CERN pour une aide à la prise de décisions : (1) en SCR, en localisant l'incident d'abord ; (2) en identifiant les risques et les ressources essentielles en consultation réflexe ([encadré 4](#)) via la SCR d'abord et via les véhicules d'intervention en parallèle (cartographie embarquée) ; (3) en identifiant d'autres risques et d'autres ressources en consultation réfléchie ensuite ; (4) en écrivant les rapports d'interventions et en faisant de (5) l'analyse spatiale.

D'après Éric Herbé, officier pompier du CERN et capitaine de sapeurs-pompiers au SDIS : « Une phase réfléchie correspond aux actions qui sont mises en œuvre à la suite d'un raisonnement tactique issu de l'analyse de la zone d'intervention. Cette phase succède à la phase réflexe et doit intervenir au plus tard, 20 minutes après l'arrivée sur les lieux des secours. La phase réflexe correspond aux actions qui sont mises en œuvre à la suite d'une analyse rapide de la zone d'intervention. Cette analyse prend essentiellement en compte la situation directement observable et les renseignements recueillis auprès des témoins et/ou des premiers intervenants. Le délai préconisé est de 5 minutes. »

Encadré 4 : éléments de définition de la phase réflexe et de la phase réfléchie

Ensuite, en cas de visite topographique, de maintenance d'équipements, de lecture périodique des rapports d'interventions et/ou des rapports de maintenance puis en cas de l'élaboration de plans (d'intervention et d'évacuation) il est question d'un process différent : l'édition (ajout, modification & suppression de données sur GIS).

Pour ces deux processus, la [fig. 22](#) illustre les outils GIS mobilisés :

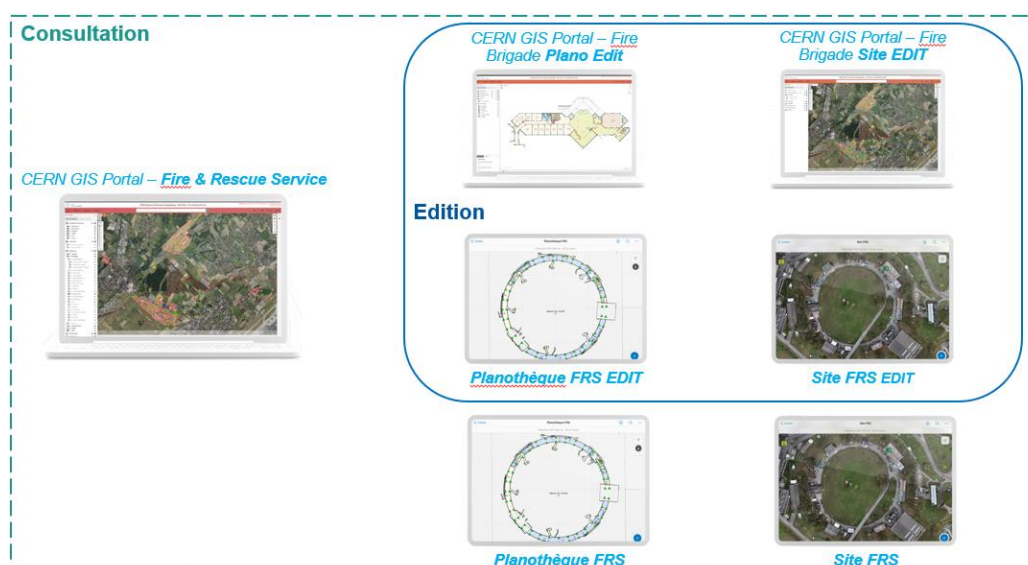


Figure 22 : portails GIS à disposition des pompiers pour leurs activités (à l'exception de l'élaboration des plans d'évacuations)

En ce qui concerne la consultation de l'information spatiale, Le *CERN GIS Portal – Fire & Rescue Service* est l'outil utilisé en salle de contrôle (SCR) et deux autres portails sont consultables via l'application mobile *Field Maps* : *Planothèque FRS* pour une vue en deux dimensions des bâtiments du CERN et *Site FRS* pour une vue aérienne du territoire du CERN. Le portail GIS utilisé en SCR combine ces deux vues. Par ailleurs, pour l'édition des données, quatre autres portails sont à disposition des pompiers : deux sur ordinateur en reprenant la logique de vision des bâtiments du CERN d'un côté (*Plano Edit*) et d'une vue aérienne du territoire de l'Organisation de l'autre (*Site Edit*). Le nom de ces portails GIS sera repris par la suite au sein de la description des processus qui va suivre.

Processus pour la consultation du GIS en salle de contrôle (SCR)

1. Dans le cas d'un incident ([fig. 23](#)), le GIS du CERN peut être consulté dès l'alarme ou dès l'appel. À cette étape, il permet de localiser l'incident potentiel.
2. Ensuite, le GIS peut-être utile pour déterminer la nature de l'intervention que l'incident nécessite d'une part et si ce même incident nécessite la mobilisation de personnes supplémentaires (secours externes, piquets, officiers pompiers), ou non, d'autre part. Pour prendre cette décision, il est possible de déterminer les risques et opportunités essentiels grâce à GIS (phase réflexe). Si un doute subsiste, il est aussi possible de vérifier les informations sélectionnées par défaut et celles qui sont sélectionnables pour déterminer si d'autres informations peuvent être utiles (phase davantage réfléchie). Cette deuxième étape au sein du processus est complémentaire aux informations rapportées par l'alarme et/ou l'appel (étape 1).
3. Enfin, il est possible de réitérer ces étapes avec le piquet environnement sur les portails GIS du Service Secours & Feu et sur celui du Service de protection de l'environnement. À noter que d'autres ressources complémentaires au GIS du CERN peuvent être consultées : les plans d'interventions, généraux, et cetera.

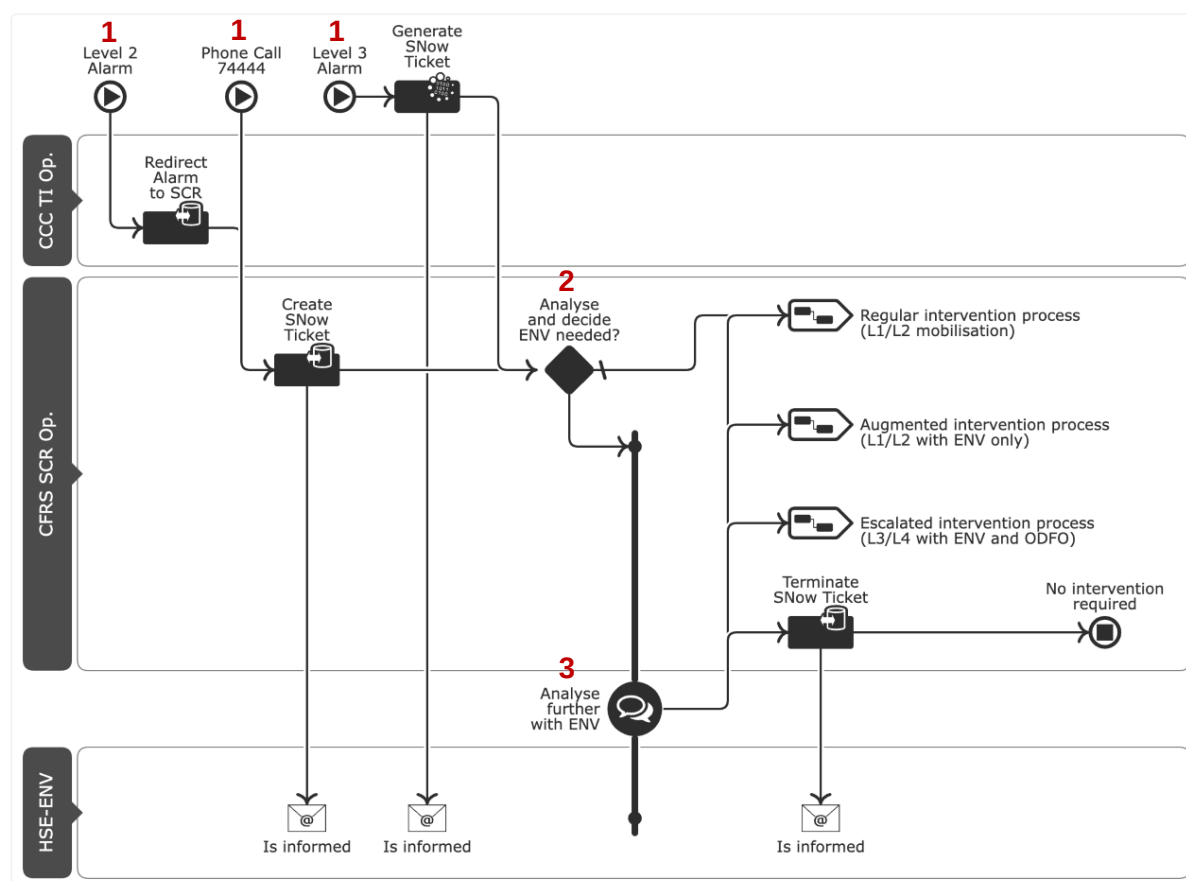


Figure 23 : Processus relatif aux prises de décisions en SCR en cas d'incident en prenant l'exemple d'un incident environnemental. Auteur : Pierre Bonnal

Description des interactions possibles avec le GIS du CERN en cas d'intervention dite « régulière », « augmentée » et/ou « intensifiée ».

4. Au sein de chaque cas d'intervention (fig. 24, 45 et 46), l'équipe de pompiers mobilisés et le WatchManager (chef de gardes) peuvent avoir une première reconnaissance opérationnelle à distance. En effet, les portails GIS consultables via l'application mobile Field Maps (FRS Site & FRS Planothèque) sont consultables sans connexion internet et en cartographie embarquée. À ce stade, tout dépend du temps que permet le trajet pour rejoindre l'incident : il est possible de localiser l'incident et d'identifier les risques et les moyens à disposition pour intervenir. FRS Site peut être consulté pour avoir une première vision globale (vue aérienne) et identifier des opportunités essentielles (point de rassemblement le plus proche, hydrants...). Ensuite FRS Planothèque peut aussi être utilisé, pour avoir une vision plus fine sur une localisation à l'intérieur d'un bâtiment du CERN.

5. L'opérateur en SCR peut continuer d'approfondir ses recherches et il peut, surtout, partager ces informations avec l'équipe de pompiers mobilisés, avec le piquet environnement dans le cas d'une intervention augmentée et aussi avec l'officier pompier de garde en cas d'une intervention intensifiée. En fonction de l'évolution de l'incident, cette reconnaissance opérationnelle continue à distancer peut être précieuse pour prévenir les aléas. Une visualisation en 3 dimensions peut être utilisée au cas par cas, en plus de la recherche des données supplémentaires.

6. Enfin, à l'écriture du rapport, l'ensemble des étapes qui ont été effectuées sur le GIS précédemment peuvent être réitérées. Selon les besoins, les différents portails GIS peuvent être mobilisés.

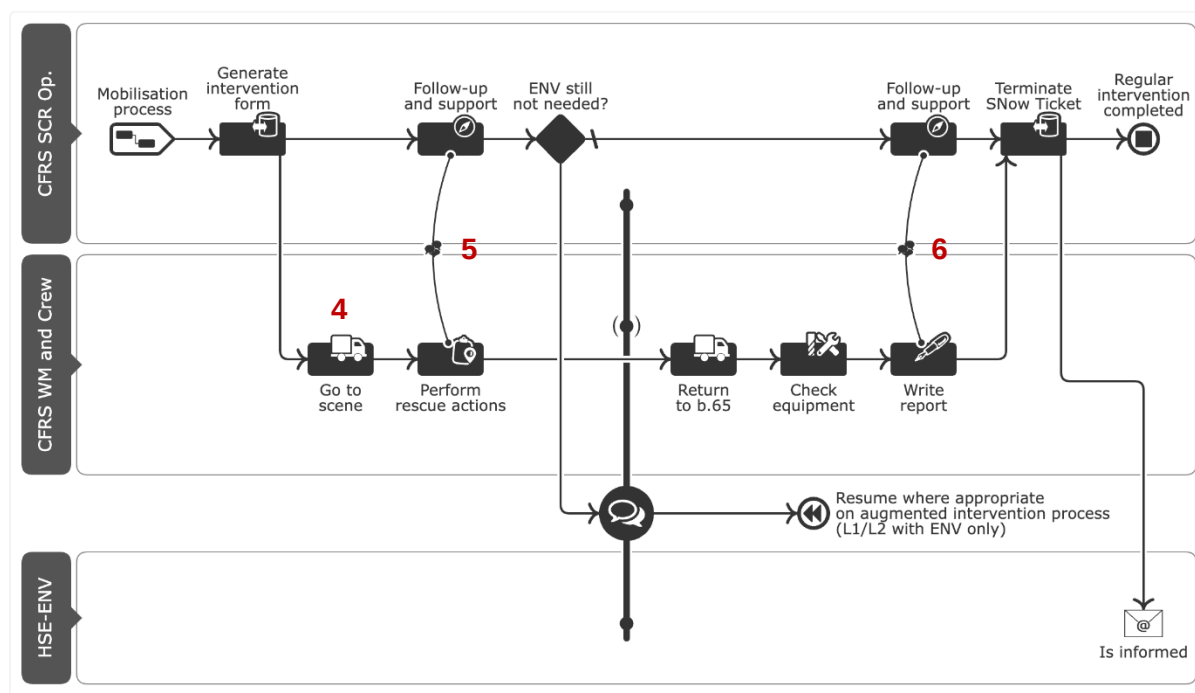


Figure 24 : Processus d'intervention dite « régulière » en cas d'un incident environnemental. Auteur : Pierre Bonnal

Processus pour l'édition sur GIS des données au sein du Service Secours & Feu

Dans le cadre de l'édition des données sur GIS, les pompiers ont deux cas différents : l'édition des extincteurs dont ils gèrent la maintenance sur le terrain également, les équipements dont la maintenance est gérée par d'autres services au CERN. La [fig. 25](#) illustre le processus lié aux extincteurs :

1. En cas de demande d'ajout, de modification et/ou de suppression d'un extincteur de la part d'un TSO (responsable de la sécurité d'un bâtiment au CERN), une demande SNOW (outil de gestion des tickets utilisé au sein de l'Organisation) est créée et il est nécessaire de l'évaluer puis de répondre à la demande. À ce stade, la localisation de l'extincteur peut être consultée sur un portail GIS, en complément d'une visite topographique.
2. Cette étape de localisation et de repérage à distance peut être reconduite pour l'installation, la maintenance ou la suppression de l'extincteur. Au moment de l'installation, il est aussi possible de regarder si les équipements à proximité de l'extincteur figurent bien sur le GIS.
3. Enfin, lorsque les deux premières étapes ont été effectuées, il s'agit de mettre à jour les données sur GIS : soit directement sur place via une tablette (*Planothèque FRS Edit*), ou sur un ordinateur à la caserne (*CERN GIS Portail – Fire Brigade Plano Edit*).

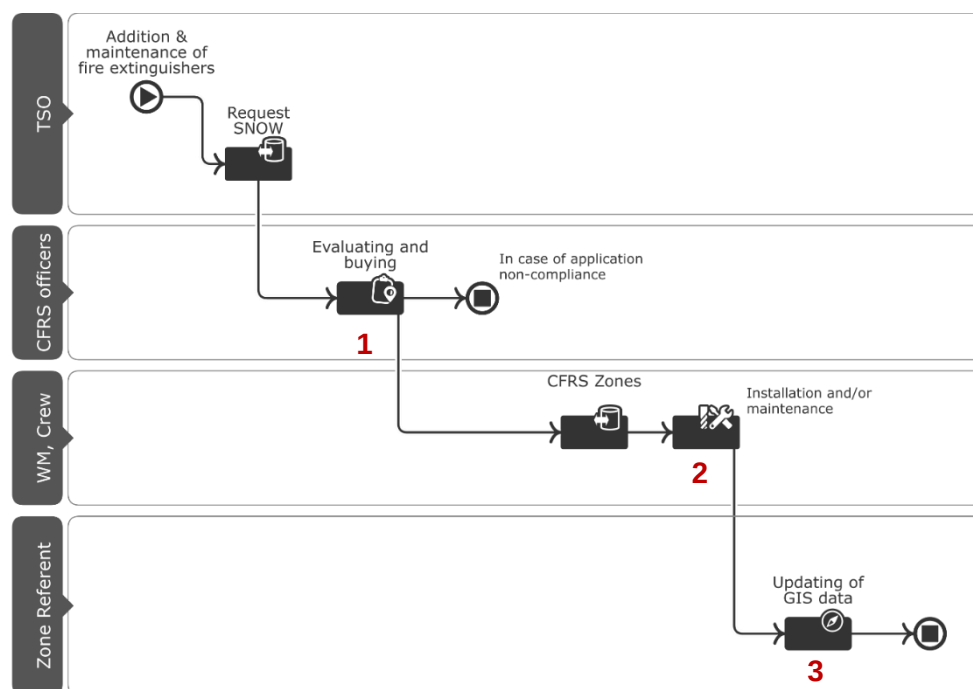


Figure 25 : Processus d'édition des données liées aux extincteurs. Auteur : Jules Grandvillemin

Pour l'édition des données dont le Service Secours & Feu n'est pas le propriétaire, il est possible de suivre les étapes suivantes (illustrées sur la [fig. 26](#) et [27](#)) :

1. En cas d'erreur sur une donnée spatiale observée sur GIS (localisation erronée, donnée manquante, donnée obsolète) il est possible de rapporter l'erreur directement sur le CERN GIS Portal – Fire & Rescue Service via l'onglet « Signaler une erreur » qui ouvre un courriel. Après avoir rapporté l'erreur, le courriel sera envoyé aux admins GIS du Service Secours & Feu.

2. Ensuite, la demande sera traitée par les admins GIS CFRS puis validée ou invalidée. Pour ce faire, la donnée peut être localisée et une visite topographique peut être programmée. En cas d'invalidation, la demande est résolue, ce qui met fin au processus.

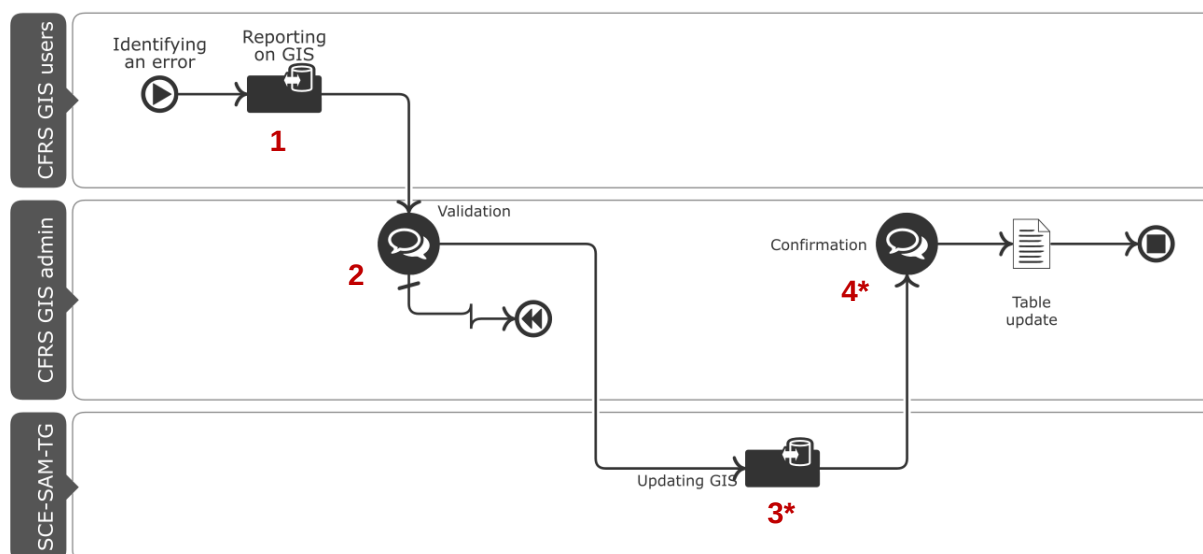


Figure 26 : processus à suivre en cas d'identification d'une erreur sur GIS et/ou d'une volonté d'implémenter une procédure sur une entité spatiale. Auteur : Jules Grandvillemin

3*. En cas de validation de la demande, il s'agit de mettre à jour la donnée concernée et de vérifier une nouvelle fois la validité de la donnée en utilisant, là aussi, le GIS et en faisant une seconde visite topographique sur le terrain. Précisons que si le droit d'édition a été partagé au Service Secours & Feu (CFRS) par un autre service au sein du CERN, cela peut être directement réalisé par les pompiers qui peuvent éditer les données. Si CFRS ne dispose pas des droits d'édition, la demande est redirigée vers le service propriétaire de la donnée.

4*. Enfin, après une confirmation de la bonne mise à jour des données par les admins GIS CFRS et les acteurs concernés (demandeurs, propriétaire de la donnée), il est question de synchroniser les données sur le GIS.

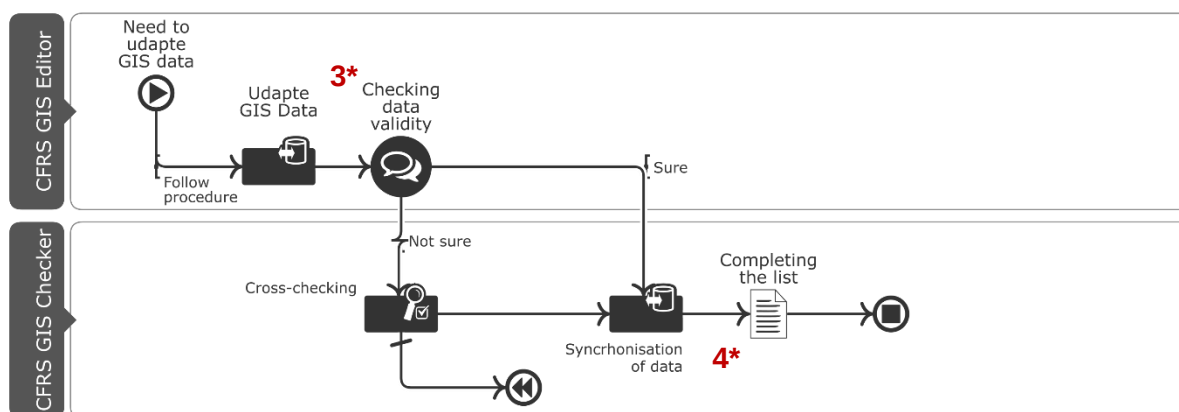


Figure 27 : Processus d'édition des données spatiales sur GIS. Auteur : Jules Grandvillemin

Processus d'élaboration de plan d'évacuation

Pour garantir et optimiser la continuité de l'activité, il a été décidé d'établir un nouveau processus de création des plans d'évacuation basé sur la méthodologie qui avait été menée jusqu'à là par Valentin Algoet. Ce nouveau processus, illustré par la [fig. 28](#), mobilise notamment le GIS du CERN et permet de nouveaux usages de l'outil par les pompiers en charge de cette activité.

Au sein de ce processus, il a été décidé en concertation avec Rui Samoes, de centraliser les demandes d'élaboration de plans d'évacuations (formulées par les TSO, responsable sécurité des bâtiments du CERN) via l'outil ServiceNow (SNOW). Dans le passé, ces demandes étaient réalisées par échange de courriels ou par échange téléphonique. En utilisant l'outil SNOW, un formulaire a été créé ([fig. 47](#)) et permet de retrouver les critères suivants de façon systématique : nom du demandeur, nom du TSO du bâtiment, priorité (faible, moyenne et urgente) et une justification en cas d'urgence. Ces données sont ensuite stockées dans une base de données et cela assure la traçabilité et le suivi dans le temps des demandes.

À la suite de cela, lorsque le Service Secours & Feu est informé, une visite des lieux est programmée afin de faire un diagnostic des risques, des équipements et des évacuations sur place (en présence du TSO). Cela se base sur ce que faisait Valentin Algoet, à la différence que l'ensemble des informations nécessaires à la création des plans d'évacuation sont maintenant géolocalisées via Field Maps (GIS). Avant, le relevé d'informations se faisait avec des plans papiers. Cette étape garantit la bonne mise à jour des données spatiales du GIS du CERN.

Avant la réalisation des plans d'évacuations, un plan illustrant la localisation des futurs plans est envoyé aux TSO pour approbation. Un exemple ainsi que la mise en page ArcGIS Pro (*Template*) sont donnés en annexe ([page 89](#)). Si la localisation des plans est confirmée, ceux-ci sont élaborés via l'application ArcGIS Pro où un projet et des *Templates* ont été créés ex-nihilo. Le tout, afin de faciliter et de garantir la continuité de l'activité sur le long terme. Deux exemples sont donnés en annexe : [page 90](#). Précisément, au sein de ArcGIS Pro, deux cartes

sont ouvertes au sein du projet : *Plan d'étage* pour cartographier les bâtiments et les informations liées à l'évacuation et *Plan de situation* pour situer le bâtiment, avec une échelle plus large, et surtout pour localiser le point de rassemblement. Les deux mises en pages mobilisent ces cartes et elles synthétisent les démarches à suivre en cas d'urgence. Pour s'adapter à la configuration de chaque bâtiment, une mise en page avec un espace cartographique carré a d'abord été créé, puis une seconde mise en page avec un espace rectangulaire la complète. Chaque plan d'évacuation créé est ensuite vérifié puis approuvé par le TSO. Un exemple a été donné pour le bâtiment 150 (fig. 52), qui abrite le l'Anneau d'ions de basse énergie (*Low Energy Ion Ring* - LEIR), qui « reçoit de l'accélérateur linéaire 3 (Linac 3) de longues impulsions d'ions plomb qu'il transforme en paquets courts et denses, qui seront injectés dans le Grand collisionneur de hadrons (LHC) » (LEIR, 2023). L'exercice de création des plans d'évacuation au CERN est d'autant plus intéressant et important que les infrastructures cartographiées sont relativement complexes et que la finalité des plans est d'être le plus compréhensible possible. Des photos de LEIR sont données en annexe (à partir de la page 92) et illustrent cette complexité potentielle : avec des accès limitants, de multiples espaces à éviter en cas d'évacuations (ceux qui concentrent des fils électriques, l'expérience en elle-même, et cetera).

Lorsque les plans d'évacuations ont été approuvés par le TSO, ils sont ensuite installés par ses soins sur les lieux. Le ticket SNOW, qui garantit sa traçabilité, est fermé et archivé.

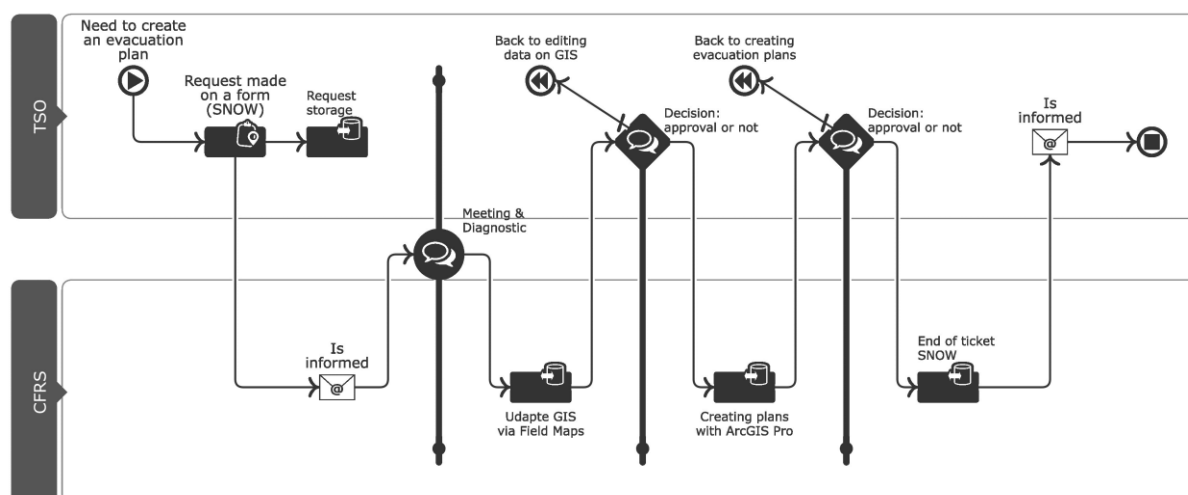


Figure 28 : processus d'élaboration d'un plan d'évacuation. Auteur : Jules Grandvillemin

En somme, l'usage du GIS du CERN pour créer les plans d'évacuations a plusieurs avantages :

- Les visites topographiques des lieux donnent suite à un relevé de données spatiales qui sont sauvegardées et qui participent à la mise à jour continue de GIS. Aussi, la base de données est la même que celle qui interagit avec le projet de création des plans sur ArcGIS Pro : ainsi, par rapport à ce qui était fait dans le passé, il n'est plus nécessaire de redessiner sur un outil de création graphique les entités relevées sur le terrain via un plan papier.
- Les plans d'évacuations sont exportés au format ouvert *PDF* (*Portable Document Format*) et au format *ArcGIS Pro Layout File* qui permet la réouverture de la mise en page telle qu'elle a été sauvegardée. En d'autres termes, si l'élaboration d'un plan d'évacuation doit être reconduite, et qu'une sauvegarde ArcGIS existe, la mise en page pourra être réouverte et les données seront mises à jour automatiquement (interactions avec la base de données). Cela permet un gain de temps conséquent, à toutes les étapes du processus, car il ne sera plus question pour l'auteur de créer le plan ex-nihilo, mais de vérifier la mise en page sauvegardée puis les données stockées.

3.1.2 Formations GIS données aux pompiers

L'usage du GIS par les pompiers a été formalisé par la création de ces processus. Pour optimiser son usage, des formations GIS ont été données et elles seront restituées ici, par une description de synthèse et par une liste des objectifs pédagogiques.

Description de synthèse

La capacité à utiliser le GIS du CERN en actions réflexes et réfléchies nécessite la maîtrise de concepts opératoires qui sont autant de portails GIS pour identifier des enjeux, des dangers et des moyens à des échelles multiples. Pour arriver à cette finalité, trois séances pédagogiques ont été données pour chaque pompier de l'Organisation :

La première a d'abord été axée sur l'ensemble des interactions possibles avec le GIS du CERN pour l'aide à la prise de décision opérationnelle et préventive. Comme l'illustre la première fiche pédagogique ([fig. 57](#)), le schéma qui synthétise le processus global du GIS pour les pompiers a été mobilisé et expliqué. À la suite de cette explication globale, les fonctionnalités et les objectifs de chacun des portails GIS à disposition des pompiers ont été présentés ([fig. 58](#)). En somme, la finalité de cette première séance pédagogique a été de revenir sur le socle de base pour une utilisation correcte du GIS : outils à disposition, fonctionnalité mobilisable et contexte d'utilisation possible ;

La seconde séance pédagogique a été l'occasion de mettre ces aspects théoriques en pratique en reprenant le processus d'intervention dite régulière avec l'exemple d'un incident environnemental au sein d'un bâtiment du CERN ([fig. 59](#)). Pour chaque stade d'utilisation du GIS possible, des essais ont été réalisés par les pompiers et une feuille de route a ensuite été exposée ([fig. 60](#)). En somme, cette séance a permis aux pompiers d'interagir avec l'ensemble des portails GIS (en consultation en SCR, et en cartographie embarquée) dans un scénario type et des astuces ont ensuite été données : comment interagir avec les bases de données, comment prioriser les informations et comment mesurer et déterminer des périmètres d'intervention sont des exemples.

Enfin, lors de la troisième séance, les préconisations identifiées à la suite de l'enquête ont été présentées pour préparer l'usage futur du GIS du CERN de la part des pompiers. Ces préconisations seront présentées dans la section qui suit ([section 3.2](#)).

Objectifs pédagogiques

- Comprendre les principes de bases d'utilisation d'un GIS dans un contexte opérationnel et préventif lié au métier de pompier ;
- Comprendre les objectifs et les fonctionnalités de chacun des portails GIS à disposition du Service Secours & Feu ;
- Être capable de localiser un incident et d'identifier les dangers et les moyens au sein d'un espace donné : en fonction d'un incident type et selon la logique d'une phase réflexe puis celle d'une phase réfléchie ;
- Connaître la répartition et la priorisation des données spatiales actuelles au sein de la table des matières de chacun des portails GIS ;
- Savoir interagir avec la base de données du GIS du CERN pour importer de nouvelles données spatiales en fonction d'un contexte donné.

La section 3.1 a permis de contextualiser l'usage du GIS par les pompiers du CERN. Il est maintenant question d'interroger l'utilité de ce dernier, ce qui a été fait chronologiquement avant la révision des processus et avant les formations (3.1), mais les résultats de l'enquête (3.2) seront d'autant plus compréhensibles que l'usage a été clarifié.

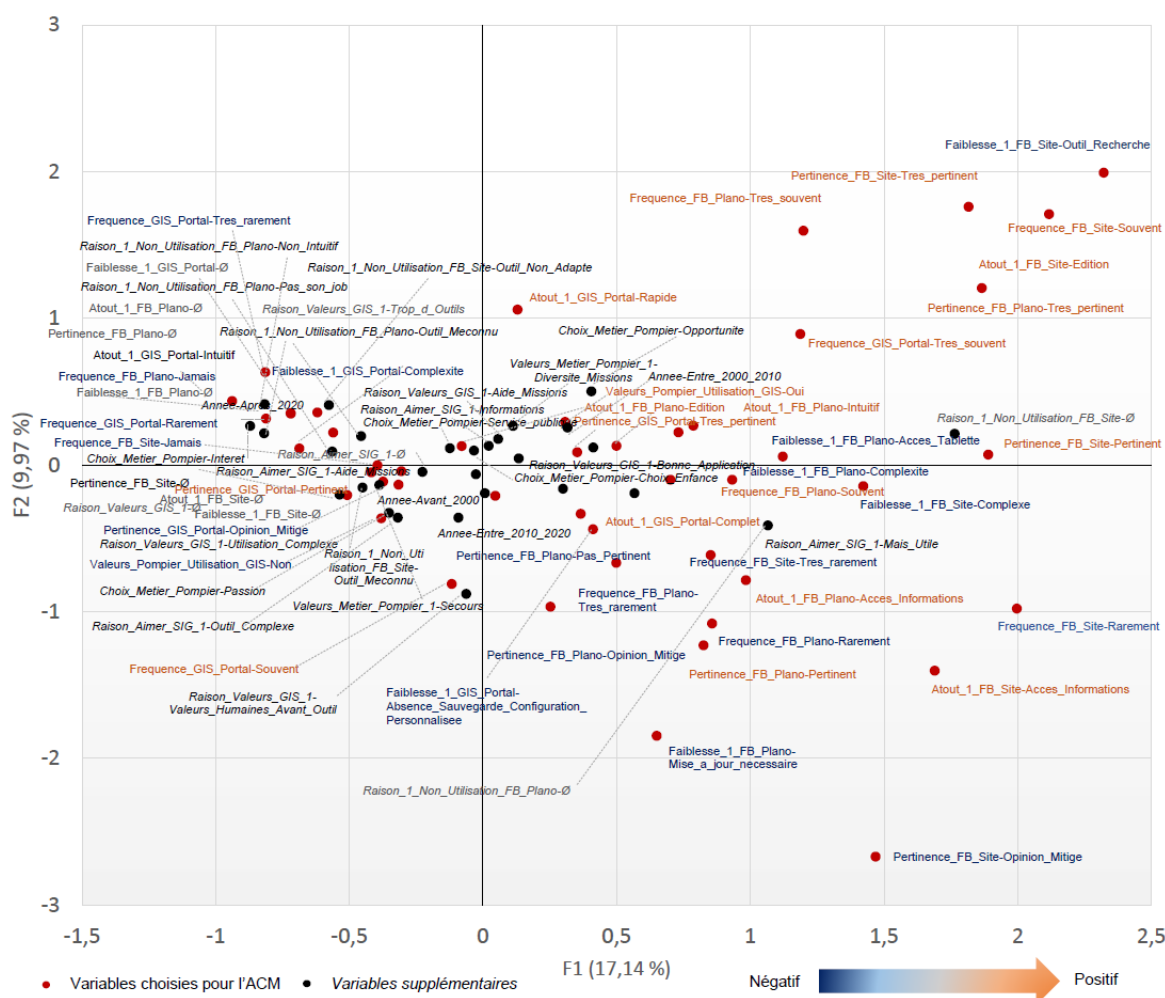
3.2 Comprendre l'utilité du GIS du CERN pour les pompiers et les préconisations entreprises pour améliorer son usage

Pour rappel, trois hypothèses ont été formulées en amont des analyses (en concertation avec les officiers pompiers) afin d'avoir une ligne directrice pour comprendre l'utilité du GIS ([fig. 13](#)). En suivant une logique hypothético-déductive, une ACM (3.2.1) a d'abord été réalisé pour donner d'identifier des premières tendances et ainsi guider des analyses statistiques plus fines (3.2.2) par la suite.

3.2.1 Comprendre l'utilité du GIS du CERN : les résultats de l'enquête

Analyse multivariée : l'analyse des correspondances multiples (ACM)

Comme l'illustre la [fig. 29](#), la variance de l'ACM dépasse 27 %, ce qui est acceptable lorsque sont considérés le nombre de variables générés par l'enquête et l'étape de recodage des données. Pour faciliter la lecture de l'ACM ([fig. 29](#)), un gradient coloré du bleu (fréquence et pertinence négative vis-à-vis de GIS) à l'orange (fréquence et pertinence positives) a été appliqué. Enfin, les modalités de réponses qui sont grises ou noires indiquent l'absence d'une réponse (grises) ou la neutralité de la variable (noire).



Au sein de cet espace statistique, il est possible d'identifier deux axes factoriels :

- Le premier axe est relatif à un degré d'appropriation des outils (en considérant les valeurs des pompiers vis-à-vis du GIS).
 - Précisément, à gauche de l'axe F1, il y a une concentration des profils de pompiers qui n'utilisent faiblement les portails FB Site et FB Plano : seul FB GIS Portal est utilisé à une fréquence plus élevée. Cela s'explique par le fait qu'ils (1) ne connaissent peu les portails GIS en question et/ou (2) qu'ils ne reconnaissent pas les valeurs qu'ils ont identifiées à leur métier de pompier dans l'utilisation du GIS. En ce qui concerne le profil des pompiers, il s'agit de ceux qui sont arrivés avant l'année 2000 et ceux arrivés après l'année 2020 : en somme, ceux qui ont la plus grande et la plus faible expérience au sein du Service Secours & Feu. En approfondissant les dialogues lors des entretiens, il a été identifié que les pompiers qui ont la plus grande expérience au CERN ressentent moins le besoin d'utiliser le GIS car ils connaissent très bien le territoire de l'Organisation. Les pompiers qui viennent d'arriver, quant à eux, ne se sentent pas assez confortable avec l'utilisation de l'outil (compétences GIS).
 - À droite de l'axe F1, l'ensemble des outils sont davantage utilisés (à divers degrés). Leur pertinence est jugée avec nuance. Ils reconnaissent leurs valeurs attribuées à leur métier dans l'utilisation des GIS. Les profils identifiés sont les pompiers qui sont arrivés entre l'année 2000 et 2010 : ils ont des avis tranchés concernant les atouts et les faiblesses de ces outils car ils les utilisent davantage.
 - En somme, l'axe F1 montre une faible appropriation des outils de la part des pompiers les plus expérimentés et de la part des nouveaux arrivants ; le FB GIS Portal est approprié par la majorité des pompiers et l'axe F2 montrent une plus forte appropriation, bien que nuancée, de la part des pompiers expérimentés.
- Le second axe traduit un degré d'utilisation et d'attrait pour les portails GIS plus nuancé que le premier axe :
 - En haut de F2, les pompiers aiment utiliser le GIS et les valeurs identifiées à leur métier sont retrouvées dans son utilisation. Les outils GIS sont soit très utilisés, soit très peu mais ils sont jugés très positivement. Comme pour la fréquence d'utilisation de l'outil, les atouts et les faiblesses de l'outil sont assez nuancés puisqu'on retrouve la complexité et la difficulté d'accès d'un côté, et l'intuitivité et la rapidité de l'outil de l'autre.
 - En bas de F2, la notion de complexité est plus présente et le GIS est moins apprécié. Les pompiers ne reconnaissent pas leurs valeurs dans l'utilisation de l'outil.

Pour conclure, l'ACM permet de donner des tendances globales et ce sont les analyses qui vont suivre (bivariées et univariées) qui vont permettre d'affirmer ou d'infirmer les hypothèses retenues.

Analyses bivariées et univariées

Pour les analyses bivariées, quatre couples de variables ont été étudiés : d'abord en testant leur relation avec un tableau de contingence, puis avec un tableau d'indépendance et enfin avec test du khi2.

Il est à noter qu'aucune p-value des couples de variables testés n'a été inférieure à 0,05 (seuil de signification alpha) : il n'y a donc pas de dépendances entre ces variables. Pour cette raison, seule une synthèse des conclusions réalisées lors des analyses bivariées seront données au sein de ce développement. Pour plus de détails, il est possible de consulter la

partie qui lui est dédiée ([page 104](#)) en annexe. En ce qui concerne la synthèse, ces analyses bivariées ont montrées que :

- La majorité des pompiers retrouve les valeurs qu'ils ont attribuées à leur métier dans l'utilisation du GIS du CERN tel qu'il était au moment où l'enquête a été réalisée (novembre – décembre 2022) ;
- L'hypothèse n°2 est infirmée car ce ne sont pas les nouveaux pompiers du CERN qui utilisent plus les portails GIS : il s'agit plutôt des pompiers qui ont déjà quelques années d'expérience au sein de l'Organisation et qui, parmi le panel conséquent de compétences à acquérir de la part des pompiers (formations aux multiples outils, aux infrastructures propres au CERN et aux dangers diverses), ils ont eu la liberté, depuis, de libérer du temps pour maîtriser l'outil GIS. Les pompiers qui ont le plus d'expérience, eux, utilisent peu le GIS car ils ont une excellente connaissance topographique.

En somme, ces analyses bivariées ont permis de mieux comprendre l'utilité du GIS du CERN pour les pompiers : par les valeurs et par la fréquence d'utilisation. Elles ont aussi permis d'infirmar l'hypothèse n°2. Les analyses univariées qui vont suivre permettront d'affirmer ou d'infirmar les hypothèses n°1 et n°3 avec des analyses fines : univariées.

Analyses univariées : l'utilité du GIS du CERN, ses atouts et ses faiblesses

Les premières statistiques descriptives qui vont être données vont d'abord être orientées de sorte que l'hypothèse n°1 puisse être affirmée ou infirmée : l'utilité du GIS du CERN pourra être expliquée par les éléments de réponses donnés par les pompiers lors de l'enquête. Ensuite, en répondant à l'hypothèse n°3, les atouts et les faiblesses de chaque outil seront explorés et cela permettra de déterminer quel portail GIS est le plus pertinent.

Concernant l'hypothèse n°1, il est question de savoir si les pompiers retrouvent leurs valeurs dans l'utilisation de GIS. Les analyses bivariées ont déjà données des éléments positifs sur ce sujet. En effet, lorsque l'on considère la part de chaque modalité au sein du [tableau 6](#), les deux éléments qui ressortent le plus concernant les valeurs des pompiers vis-à-vis de leur métier est le secourisme (81 %) et la diversité des missions (19 %). Surtout, 55 % des pompiers retrouvent ces valeurs en utilisant le GIS du CERN, ce qui affirme l'hypothèse n°1. Pour aller plus loin, il est possible d'interroger les choix qui ont conduit les pompiers à choisir ce métier ([fig. 30](#)) et les raisons principales pour lesquelles ils retrouvent leurs valeurs dans l'utilisation du GIS ([fig. 31](#)).

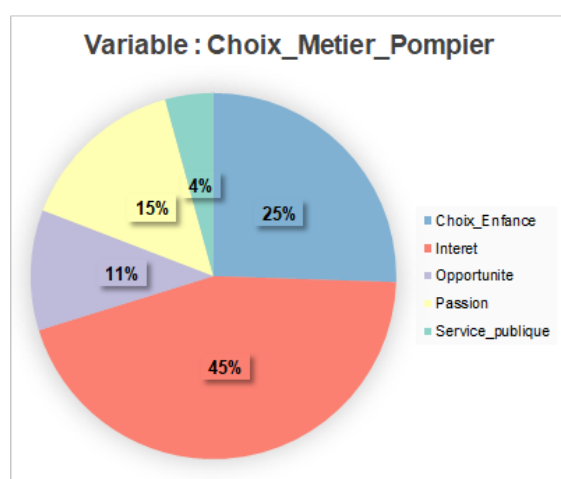


Figure 30 : choix effectué en devenant pompier

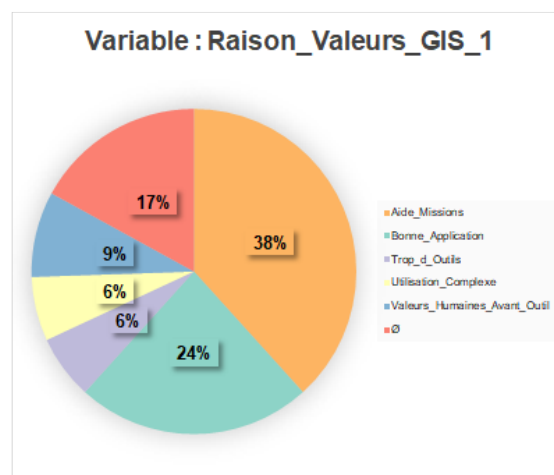


Figure 31 : raison de l'identification de leur valeur dans l'utilisation du GIS

La majorité des pompiers a choisi ce métier par intérêt (45 %) ; c'est un choix d'enfance pour un quart des pompiers et 15 % l'ont choisi par passion. Entre outre, 38 % des pompiers ont identifié la valeur principale qu'ils associent à leur métier dans le GIS du CERN car il les aide dans leurs missions et 24 % estiment que c'est une bonne application. A contrario, 9 % des pompiers préfèrent mettre en avant les valeurs humaines de leur métier avant les outils, 6 % jugent qu'il y a trop d'outils pour les pompiers au CERN et 6 % estiment que l'utilisation du GIS est complexe. Dans le prolongement de ces éléments de perception, l'enquête a montré que 72 % des pompiers aiment utiliser le GIS du CERN (fig. 32). Et ce, car l'outil est une source d'information (45 %) et qu'ils les aident dans leurs missions (13 %). Par ailleurs, 19 % n'aiment pas l'utiliser, en mettant en avant la complexité de l'outil (13 %), bien que 8 % le trouve utile au-delà de cette complexité (fig. 33).

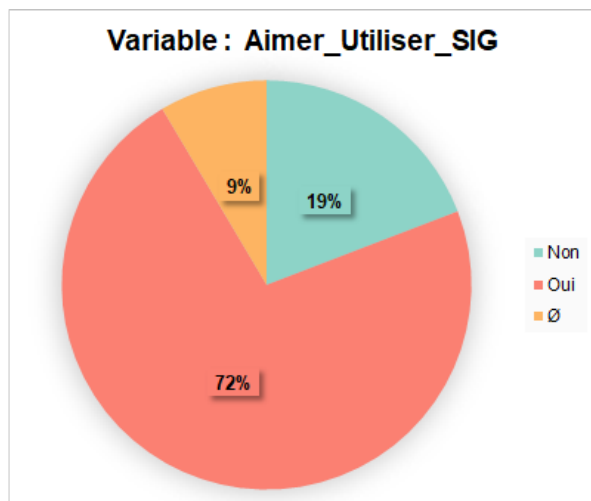


Figure 32 : les pompiers du CERN aiment, globalement, utiliser les portails GIS

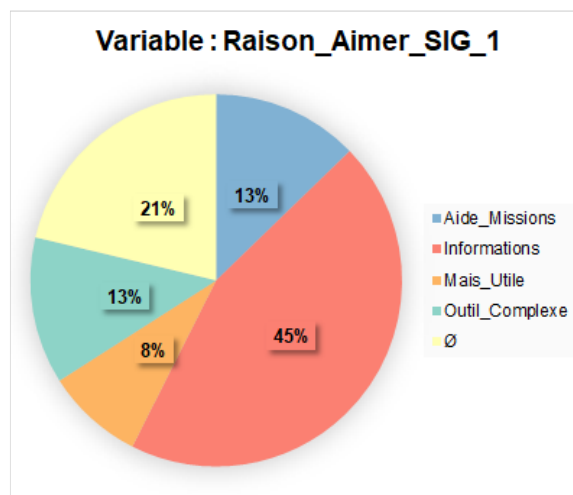


Figure 33 : éléments d'explication concernant le fait d'aimer, ou non, utiliser le GIS du CERN

En somme, le GIS du CERN est aimé et il est jugé utile par la majorité des pompiers. Aussi, la plupart des enquêtés retrouvent les valeurs qu'ils associent à leur métier dans l'utilisation de l'outil. Toutefois, une part non négligeable des pompiers a des opinions qui contrastent en mettant en avant des éléments de complexité, des valeurs divergentes et une diversité d'outils difficile à appréhender. Ces éléments ont justifié la mise en place de plusieurs actions pour adapter l'outil au métier de pompier et d'améliorer son usage (section 3.1 et 3.3). Il est maintenant question d'interroger la pertinence perçue de chaque portail GIS.

Par souci de synthèse, seuls les éléments principaux vont être évoqués concernant la pertinence perçue de chaque portail GIS du CERN. Pour plus de détails, des fiches ont été réalisées et sont précisées en annexe (fig. 64, 65, 66). En synthèse :

- Le CERN GIS Portal – Fire & Rescue Service est effectivement le portail GIS jugé le plus pertinent : seul 15 % des pompiers ont une opinion mitigée à son sujet (fig. 64). Les atouts principaux donnés sont sa précision (54 %) et le fait qu'il est complet (79 %). Par contraste, ses faiblesses principales sont sa complexité et sa lenteur. En fait, c'est la somme conséquente de données spatiales représentées au sein de ce portail (874 entités spatiales) qui fait de lui le portail le plus complet et le plus précis, mais aussi le plus complexe et le plus lent.
- Le portail GIS FB Site est quant à lui non utilisé par 81 % des pompiers, ce qui explique que seuls 19 % ont jugé sa pertinence : 9 % le juge très pertinent, 6 % pertinent et 4 % ont une opinion mitigée (fig. 65). En ce qui concerne ses atouts, c'est l'édition (13 %) et l'accès à l'information (4 %) qui sont mis en avant. 9 % des pompiers estiment qu'il est complexe et 6 % juge que l'outil de recherche des données est difficile à utiliser. Les raisons qui expliquent cette part importante de non-utilisation de l'outil est

que *FB Site* est méconnu par 68 % des pompiers et que 13 % le jugent non-adapté à leurs missions.

- Le portail GIS *FB Plano* est davantage utilisé : 51 % des pompiers ont jugé sa pertinence (fig. 66). Parmi eux, 34 % l'estiment très pertinent et pertinent, 11 % pensent qu'il n'est pas pertinent et 6 % ont une opinion mitigée. Les atouts perçus de l'outil sont l'accès à l'information spatiale (28 %), l'édition (13 %) et 6 % le jugent intuitif. Par contraste, 21 % mettent en avant sa complexité, 13 % des pompiers affirment que l'accès à la tablette est difficile et 6 % mettent en avant le besoin de mise à jour des données. Si presque la moitié des pompiers ne l'utilisent pas, c'est parce que l'outil est méconnu par 17 % des pompiers, 11 % d'entre eux estiment qu'il n'est pas intuitif et enfin 13 % jugent que l'utilisation du portail ne fait pas partie de leur travail.

Une grande partie des actions qui ont été entreprises pour améliorer l'usage du GIS du CERN se basent sur ces perceptions qui mettent en avant plusieurs points très intéressants sur l'utilité de l'outil : les profils d'utilisateurs, les points jugés pertinents et surtout les besoins le concernant. Par ailleurs, la limite principale de cette étude et aussi sa force a été le temps nécessaire à la réalisation des entretiens (15 minutes pour chacun des 47 pompiers interrogés). L'emploi du temps d'un pompier est aussi parfois difficilement adaptable à une enquête : ils peuvent partir en intervention à tout moment et certaines équipes, dans la période donnée des entretiens, n'ont pu être interrogées que de nuit. Au-delà de cette problématique de temps et d'une nécessaire flexibilité d'emploi du temps, le fait de pouvoir étudier les besoins de plus de 90 % des pompiers est une source d'information représentative et complète. Les résultats ont été une source d'information relativement utile pour les démarches qui ont été entreprises pour améliorer l'usage du GIS du CERN par les pompiers.

3.2.2 Préconisations entreprises pour adapter l'usage du GIS du CERN à une utilisation opérationnelle et préventive de la part des pompiers

Pour adapter le GIS du CERN à un usage de la part des pompiers de l'Organisation, plusieurs points à renforcer ont été identifiés : notamment dans le domaine de (1) l'aide de la décision, puis dans celui de (2) la création de plans et de l'analyse des données.

Adaptation du GIS du CERN à l'usage des pompiers dans le domaine de l'aide à la décision

Pour faciliter l'usage du GIS du CERN par les pompiers, quinze heures de formations ont d'abord été données afin d'expliquer les fonctionnalités et les objectifs de chaque portail GIS. Elles ont été expliquées au sein de la [section 3.1.2](#), mais il s'agit d'ajouter que la dernière séance pédagogique consistait à expliquer les modifications qui suivent au sein de l'outil.

Préconisation 1 : faciliter l'accès à l'information essentielle pour aider les pompiers à utiliser le GIS du CERN.

Les résultats de l'enquête ont mis en avant la complexité d'utilisation de l'outil de la part des pompiers. Ainsi, en plus des formations, un document qui donne une vision globale sur l'ensemble des données disponibles au sein du portail GIS CFRS (utilisé en SCR) a été créé. Ce document permet également de connaître la manière dont ces données spatiales sont hiérarchisées au sein de la table des matières : chaque branche représente les liens entre les couches de données, les groupes puis les services (fig. 68). À noter qu'il est directement accessible sur le portail GIS CFRS, via la rubrique *FB Liens* (n°1, fig. 67). Un second document a été créé pour donner la vision d'ensemble des données au sein des portails GIS *FB Site* et *FB Plano*, et la manière dont cela diffère par rapport au portail GIS CFRS (fig. 69). L'ensemble de ces documents seront actualisés avant la fin du programme Étudiant Technique, car les préconisations qui vont suivre témoignent de plusieurs changements futurs au sein des tables des matières et des données spatiales du GIS.

Préconisations n°2 : adapter la table des matières actuelles à une utilisation opérationnelle de l'outil par les pompiers.

Pour chaque portail GIS, plusieurs temporalités sont à prendre en compte, comme évoqué précédemment dans le développement : les actions réflexes, où les pompiers doivent agir dans l'urgence en prenant en compte les informations essentielles, puis les actions réfléchies, où des informations complémentaires peuvent être abordées. C'est dans ce contexte que la table des matières et le mode d'affichage des données spatiales sont en cours d'adaptation : depuis sa création, les données spatiales du Service Secours & Feu sont toutes affichées par défaut sur les portails GIS et ne sont pas regroupées en sous-catégorie. Lorsque ces données (25 à l'époque, plus de 60 à l'avenir) sont additionnées aux autres données du portail (864 entités spatiales au total), des choix ont été entrepris pour que seules les données essentielles soient sélectionnées par défaut. Comme l'illustre les figures [page 116](#), qui donne une vue d'ensemble de la table des matières préconisée, plusieurs sous-catégories ont été créées en concertation avec les officiers pompiers pour faciliter la sélection des données en fonction des contextes d'intervention. Lorsque l'ensemble des sous-catégories sont repliées, les pompiers ont le choix entre la catégorie *Consultation Réflexe* qui rassemble l'ensemble des données essentielles, affichées par défaut, et la catégorie *Consultation Réfléchie* qui agglomèrent toutes les autres informations sélectionnables ([encadré 5](#)).

La réorganisation de la table des matières des portails GIS est aussi l'une des raisons qui a conduit à réalisation de formations et à la création des documents [de vue d'ensemble des données](#), pour que les opérateurs pompiers sachent quelles données sélectionner en fonction des contextes d'intervention. Entre outre, ce travail n'a pas été étendu à l'ensemble 864 entités spatiales des portails GIS utilisés par les pompiers, car d'autres services sont propriétaires des données et ont leurs propres justifications quant à la manière dont ils ont hiérarchisé leurs données. Ainsi, un travail supplémentaire sera nécessaire à l'avenir, de concertation avec l'ensemble des services concernés, pour savoir s'il est possible de : (1) renommer certains groupes de couches ; (2) de désélectionner par défaut certains groupes de couches ; (3) puis de proposer des pictogrammes qui respectent les standards internationaux pour faciliter leur lecture. Seuls les portails GIS présents au sein de l'application mobile Field Maps permettent d'intégrer les données spatiales d'autres services au sein de ces sous-catégories.

Encadré 5 : éléments de contextes supplémentaires concernant la table des matières des portails GIS

Préconisations n°3 : créer des pictogrammes conformes aux normes internationales et nationales, les intégrer dans les tables des matières des portails GIS en les hiérarchisant, puis ajuster leur taille en fonction de l'échelle d'affichage.

En complément des tables des matières, 147 pictogrammes ont été créés puis la majorité de ceux-ci ont été rangés dans les différentes catégories de la table des matières (hiérarchisation des informations visibles). Comme expliqué dans la méthodologie, la grande majorité des pictogrammes sont conformes aux normes internationales et européennes (ISO-7010) et aux normes nationales suisses (AEAI). Les autres pictogrammes sont adaptés aux caractéristiques particulières du CERN, où plusieurs zones ne disposent pas de normes internationales pour les aspects liés à la sécurité (tunnels, expériences). Tout cela en conservant les principales caractéristiques recommandées par les normes : couleurs, taille, etc. Deux matrices ([fig. 70](#) et [71](#)) ont été créées pour enregistrer toutes les modifications apportées : elles précisent le nom des couches, le portail dans lequel les données peuvent être visualisées, la taille des pictogrammes et l'affichage par défaut ou non des données et de leurs libellés (selon trois échelles de visualisation). Actuellement, les portails liés aux thèmes de l'évacuation le portail FB Site ont été mis à jour en ce sens, les autres portails sont en cours de construction et seront finalisés avant la fin du programme *Technical Student*. Il est à noter que ce travail est particulièrement chronophage, car il a été question de créer l'ensemble des pictogrammes et leurs ajouts sur GIS dépend d'un service spécialisé au CERN, qui ont leurs

propres missions à compléter en plus de ce travail. L'ensemble des pictogrammes ont été présentés lors d'une réunion à l'ensemble de l'Unité HSE du CERN, ce qui constitue une belle valorisation de ce travail.

Remarques supplémentaires à propos de la table des matières et des pictogrammes spécifiques à chaque portail GIS

En plus des éléments mentionnés précédemment, tout un travail de sélection des données représentées en fonction du contexte d'utilisation de chaque portail GIS a été fait. Les deux matrices ([fig. 70](#) et [71](#)) illustrent également cela : globalement, seules les données visualisables avec une vue aérienne ont été intégrées au sein des portails GIS Site (Field Maps y compris) ; les données liées aux bâtiments sont consultables via les portails Planothèque ; les données d'évacuations sur les portails dédiés ; et le portail GIS CFRS ainsi que le projet ArcGIS Pro pour les analyses contiennent toutes les données possibles (d'où le besoin de hiérarchiser).

En prenant l'exemple du portail GIS WE Site EDIT, 3 captures d'écrans ont été pris avec les échelles types des matrices (1 :64000, 1 :8000 et 1 :500) le 08/05/2023 (à partir de la [page 117](#)). Par souci de comparaison, et après plusieurs changements effectués en accord avec ce qui a été expliqué ci-avant, trois autres captures d'écran de ce portail ont été prises le 14/06/2023 (à partir de la [page 119](#)). En ce qui concerne les modifications apportées, seuls les pictogrammes visibles à l'extérieur des bâtiments ont été conservés, en priorisant ceux qui sont les plus essentiels (selon les phases réflexive et réfléchie, puis selon la logique du zoom descendant). Par ailleurs, le fond de carte produit par le service GIS du CERN a été préféré aux images satellites afin de simplifier l'information donnée et de minimiser le bruit visuel. Enfin, le bâtiment 80 (le Globe) étant un bâtiment public, il a été choisi comme exemple, mais ce n'est bien sûr pas le bâtiment le plus riche en informations : d'autres zones en périphérie de bâtiments plus sensibles ont gagné en lisibilité en réduisant le nombre de pictogrammes et en les hiérarchisant. C'est pourquoi des maquettes GIS du bâtiment 150 (LEIR) ont été réalisées (à partir de la [page 121](#)) dans une logique de consultation réflexe et réfléchie. Cela permet, aussi, d'illustrer les informations que le GIS pourra représenter spatialement dans les prochains mois au CERN, une fois toutes les mises à jour effectuées (notamment sur les portails GIS de la Planothèque et sur le portail GIS principal qui est utilisé en SCR).

Préconisations n°4 : faciliter le rapportage des erreurs sur GIS afin de les corriger progressivement

Comme l'illustre le point 2 de la [fig. 34](#), un lien est maintenant accessible pour rapporter des erreurs sur GIS (centralisation des fonctionnalités sur l'outil) conformément au processus qui a été expliqué précédemment ([fig. 23](#)).

Préconisations n°5 : lier les procédures existantes au sein du Service Secours & Feu aux pictogrammes des portails GIS afin de centraliser et de spatialiser les informations

Concernant les pictogrammes, il est aussi conseillé d'intégrer des liens url menant aux procédures existantes à propos de thématiques liées au danger et au risque du territoire du CERN ([fig. 34](#)). Cela peut, par exemple, être une procédure ou un scénario de gestion d'un incident à proximité d'une centrale électrique : (1) en cliquant sur le pictogramme lié au danger électrique, localisé sur la centrale électrique, il pourrait être possible d'accéder à un lien qui mènerait vers (2) la plateforme web abritant la (3) procédure en question ([fig. 34](#)). Cela aidera notamment les opérateurs et/ou les officiers à coordonner les équipes sur place et à profiter des ressources à disposition.

Il est à noter que si ce travail a été commencé, en raison du temps nécessaire à la création de l'ensemble des données pour chaque portail GIS et de leur hiérarchisation respective, ce travail sera finalisé courant août 2023.



Figure 34 : implémentation des procédures au sein des portails GIS

Préconisations n°6 : optimisations de l'outil de recherche sur les portails GIS de l'application mobile Field Maps

L'un des éléments clé qui est revenu lors de l'enquête, c'est la complexité de rechercher des entités spatiales de l'application Field Maps : pour les portails Site (vue aérienne), il est question d'ajouter un ! après le numéro du bâtiment. Pour recherche le bâtiment 65, il faut écrire 65 !. Toujours sur l'application mobile, sur les portails Planothèque (vue bâtiment), il est question de préciser l'étage pour chaque bâtiment, avec un /. Par exemple, pour le rez-de-chaussée du bâtiment 65, il s'agit d'écrire 65/R. Dans une logique d'actions réflexes de la part d'un pompier, et donc lorsque le temps est compté, cela complique l'usage du GIS du CERN. Pour cette raison, il a été demandé au service responsable de l'outil au CERN d'optimiser cela, en supprimer ces deux éléments de code (respectivement !, puis /) et de prioriser les bâtiments dans l'outil de recherche, avant les équipements de sécurité (c'est ce qui est réalisé au sein du portail GIS CFRS, utilisé à la SCR sur ordinateur).

Préconisations n°7 : optimisations de l'outil de zoom sur le portail GIS CFRS

Pour le moment, le portail GIS CFRS (point 3, [fig. 67](#)) offre trois possibilités de zoomer et de dézoomer : la molette de la souris, les boutons + et - situés à droite et les trois points qui offrent un grand nombre de possibilités (de 15 :625 à 512000) Néanmoins, dans des cas précis, il pourrait être utile d'entrer l'échelle souhaitée à la main, notamment pour la visualisation des informations à l'intérieur de bâtiments ou pour avoir le périmètre exact d'un bâtiment donné sur l'écran de visualisation.

Nouveaux usages du GIS du CERN au sein du Service Secours & Feu : la création de plans et l'analyse des données spatiales

En plus du processus d'élaboration des plans d'évacuation évoqué dans la [section 3.1.1](#), qui a été centralisé autour du GIS du CERN, un nouvel usage a été développé au sein du Service Secours & Feu avec l'outil : l'analyse de données spatiales.

3.3 L'analyse du risque au CERN : un nouvel usage du GIS par les pompiers

Pour cartographier le risque au CERN, nous analyserons d'abord une carte de densité d'incidents fictifs. Ensuite, nous examinerons la nature du risque et sa répartition sur le territoire du CERN, au-delà du nombre d'incidents. Enfin, une interpolation sera utilisée pour couvrir l'ensemble du territoire de l'Organisation afin d'estimer le risque de manière globale. Cette dernière carte permettra de faire une synthèse intéressante des deux premières cartes.

3.3.1 La carte de densité pour visualiser les concentrations d'incidents fictifs

Comme le montre la [fig. 35](#), les incidents fictifs sont concentrés sur les deux principaux sites du CERN : Meyrin et Prévessin. Sur le site de Meyrin en particulier, il est intéressant de noter que presque tous les bâtiments du site sont soumis à des densités (de toutes sortes). En l'état, cette information est intéressante car elle indique que des produits chimiques sont utilisés sur la quasi-totalité du site. Dans un scénario donné d'incidents chimiques fictifs, cela placerait Meyrin comme le site où les pompiers interviennent le plus et comme celui où il s'agit d'être le plus vigilant (car la probabilité d'occurrence est potentiellement élevée). Ceci est particulièrement vrai dans le centre-est du site. Ensuite, la plus forte densité d'inventaires chimiques à Meyrin se situe à proximité des bâtiments 10 et 107 au sud-est, 508 au nord et 376 à l'ouest. Ce n'est pas un hasard, car il s'agit de bureaux et/ou d'ateliers de laboratoires dont l'activité est liée à l'utilisation de produits chimiques (et, pour rappel, chacun de ces produits est enregistré sur CERES, qui en tient l'inventaire). Or, dans le scénario fictif donné, d'un point de vue opérationnel et préventif, ces concentrations sont très importantes pour les pompiers. En effet, ces fortes densités mettent en évidence le fait qu'une action prioritaire doit être menée dans ces bâtiments pour produire des livrables (plans d'intervention, plans d'évacuation, procédures), réaliser des exercices d'intervention et sensibiliser les travailleurs à l'occurrence élevée des incidents en mettant en place des formations complémentaires et en renforçant la sécurité dans les locaux. Au sein du site de Prévessin, la densité globale des inventaires chimiques est moins marquante dans la mesure où la concentration des bâtiments est moins dense et où les laboratoires dédiés aux activités chimiques sont moins nombreux qu'à Meyrin. Toutefois, il est intéressant de noter la plus forte densité à l'est, notamment autour du bâtiment 771. Là encore, dans le scénario fictif proposé, il s'agit d'une information intéressante pour les pompiers afin de définir les priorités dans l'élaboration des livrables, des exercices et de la sensibilisation.

À une échelle plus fine, la densité des inventaires chimiques est faible sur les sites mineurs situés autour de l'accélérateur LHC. Ils sont même absents des points 3.3 et 7, reflétant le contraste entre les sites majeurs et ceux qui fournissent principalement un accès occasionnel aux tunnels. Il y a également un contraste entre les sites qui donnent accès aux accélérateurs et ceux qui abritent une grande expérience : il s'agit des points 1, 2, 5 et 8 (expériences). Il n'y a qu'une seule exception : le point 4. Cela s'explique par le fait qu'il y a plus de bâtiments et d'employés dans les points susmentionnés. D'un point de vue opérationnel et préventif dans le scénario fictif donné, cela indique également quelles pourraient être les priorités en matière de sécurité. Enfin, autour du SPS, seules les BA 1 et 5 présentent des incidents, sans pour autant avoir une concentration relativement élevée.

Si toutes ces densités d'incidents sont intéressantes, c'est parce qu'elles illustrent la première partie de l'indicateur de risque qui permet de le mesurer : la probabilité qu'un incident se produise. Or, l'indicateur de risque est d'autant plus intéressant qu'il prend également en compte l'impact des incidents. En prenant en compte ces incidents fictifs, une zone peu dense peut en revanche faire l'objet d'un risque élevé si l'impact de l'incident a été important sur un individu, un bien et/ou l'environnement. C'est ce que nous allons maintenant analyser à l'aide de la [fig. 36](#). L'avis général des pompiers a été sollicité et ils ont trouvé la carte pertinente et facile à interpréter.

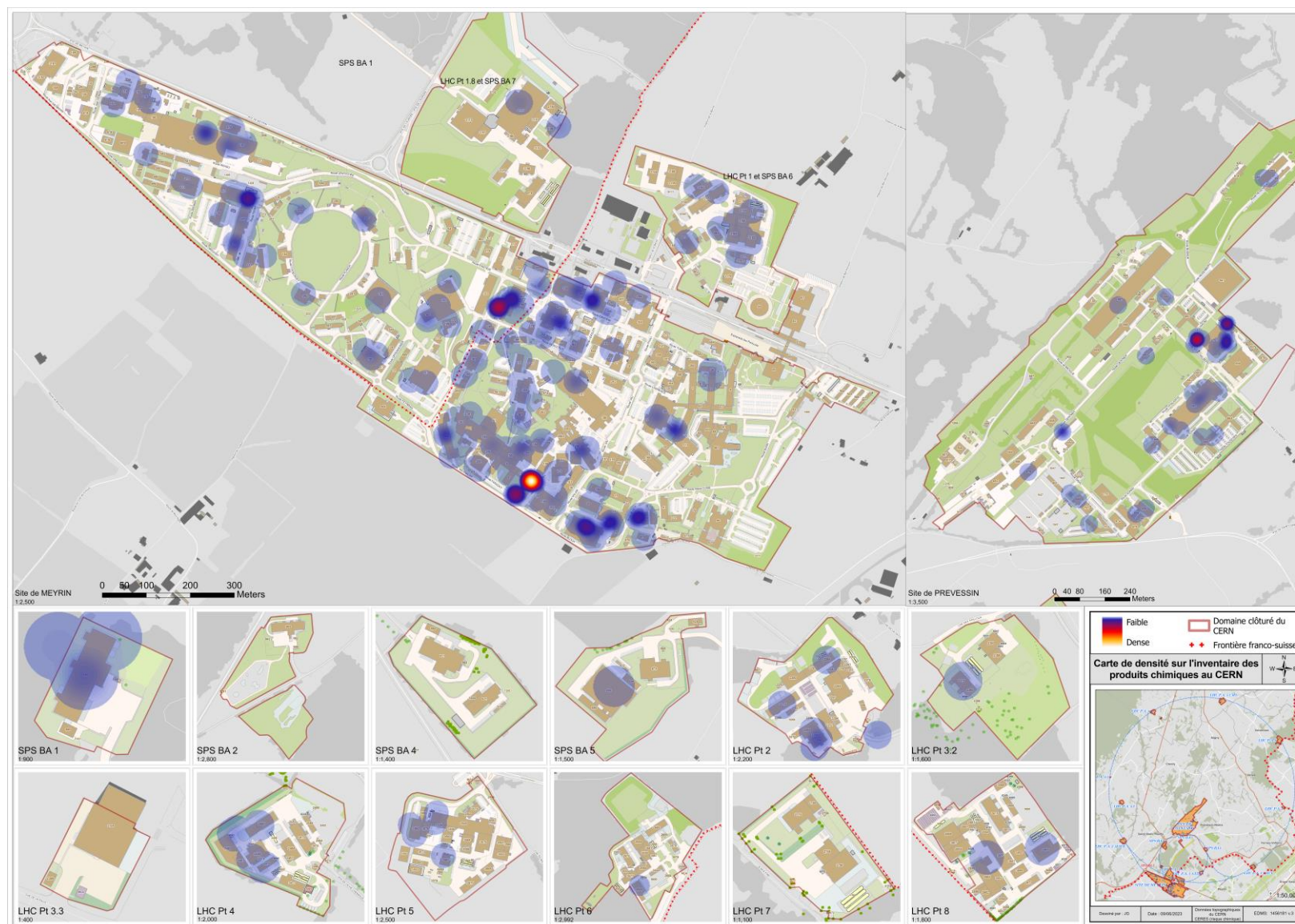


Figure 35 : Carte de densité des incidents chimiques fictifs

3.3.2 Typologie des risques chimiques selon les résultats de l'indicateur d'analyse du risque au CERN

La [fig. 36](#) montre que, globalement, le contraste est encore plus grand entre les sites mineurs et les deux sites majeurs du CERN : Meyrin et Prévessin. Dans ce scénario d'incidents fictifs, cette carte est particulièrement intéressante et complémentaire à la première ([fig. 35](#)) car, globalement, au-delà de l'étendue spatiale des risques qui est relativement similaire à celle des densités d'incidents fictifs, la nature des risques est hétérogène dans les zones données. Dans le centre de Meyrin, où la densité d'incidents fictifs est la plus élevée, il est intéressant de noter que la présence de risques élevés et moyennement élevés se situe dans des zones spécifiques : autour des fortes densités d'incidents fictifs, en particulier. Plus précisément, c'est le cas autour du bâtiment 508, qui est un laboratoire situé au nord, du bâtiment 119, qui est l'entrepôt du CERN (et où sont donc stockés des produits chimiques), à proximité de plusieurs expériences (bâtiments 150, 170 et 150) et des bâtiments 10 et 107 situés au sud et mentionnés dans la carte précédente. De plus, les risques faibles à moyens se situent plutôt à la périphérie de ces centres. En revanche, il est possible de noter, à l'occasion, la présence de risques élevés là où la densité d'incidents est faible. C'est le cas, par exemple, à l'ouest du site de Meyrin, à proximité du bâtiment 279, qui est un hall de compression d'hélium. De même, à l'ouest de Meyrin, la carte illustre la présence de tous les types de risques dans des zones peu denses ([fig. 36](#)), à proximité des bâtiments 110 et 180, qui abritent et/ou sont proches de zones de stockage, d'ateliers techniques et de halles d'expérimentation. A l'est de Meyrin, tous les types de risques sont présents à proximité du bâtiment 100, qui est un atelier, alors que les concentrations d'incidents fictifs n'ont pas été aussi élevées. Enfin, les risques sont jugés faibles par l'indicateur à proximité des bureaux du laboratoire (bâtiment 3). Comme pour la carte de densité d'incidents fictifs, la répartition des risques est relativement éparse sur le site de Prévessin en raison de l'emplacement éloigné des différents bâtiments du site. Globalement, ce sont majoritairement des risques faibles, moyennement faibles et modérés qui composent le site : du sud (bâtiments principalement tertiaires) au nord (expériences). Seuls les bâtiments autour du bâtiment 771 (cités ci-avant) présentent tout type de risques, en raison de la nature de leurs activités.

Au sein des sites situés autour des accélérateurs, seuls les sites accueillant des expériences présentent des risques globaux allant de faibles, modérément faibles à modérés (à l'exception du point 1, qui a un risque élevé, et du point 6). Il faut également noter que ces risques minimes sont localisés localement pour la plupart d'entre eux, sans grandes concentrations, à l'exception du point 5 et du point 1 où ils sont respectivement situés à l'ouest (risques faibles) et au nord. Le risque élevé au point 1 est situé à proximité d'une station de refroidissement. L'absence de risques chimiques s'explique par le fait que l'Organisation est moins active en la matière dans ces zones, ce qui explique le faible nombre d'inventaires de produits chimiques ([fig. 35](#)) et de produits contenant des substances chimiques ayant un impact potentiel significatif ([fig. 36](#)). En somme, cette carte est particulièrement utile pour affiner les actions prioritaires identifiées lors de l'analyse de la carte précédente. Avec cette typologie des risques, il est plus facile d'identifier les zones et les bâtiments où des livrables (plans d'intervention, plans d'évacuation, procédures) doivent être produits en priorité ; au même titre que les exercices d'intervention et les actions de sensibilisation des travailleurs pour améliorer la sécurité dans les locaux. Enfin, une action concertée avec l'unité HSE et les parties prenantes de chaque bâtiment peut être menée pour réduire l'impact d'éventuels futurs incidents dans ces zones à risque. En conclusion, l'avis général des officiers pompiers a été sollicité, et les couleurs sont une limite de leur point de vue : la légende n'est pas très parlante pour eux et doit être contextualisée avant la présentation de la carte. Parce qu'ils ont jugé intéressant de visualiser cette carte avec d'autres couleurs, une seconde carte a été réalisée ([fig. 72](#)) avec un dégradé de couleurs allant du bleu (froid) au chaud (rouge). La couleur blanche a été conservée pour la superposition de tout type de risques. Ils ont préféré la seconde.

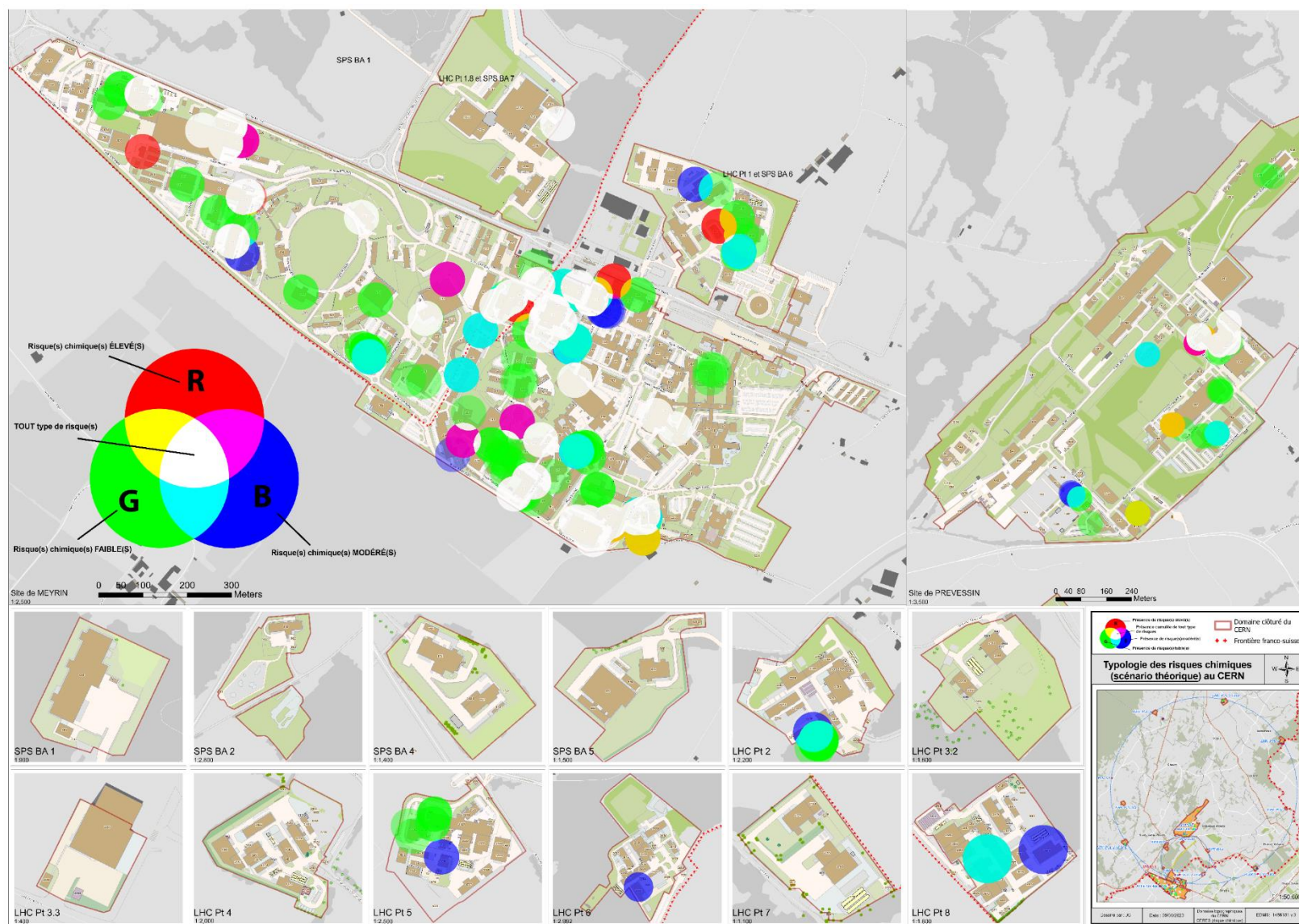


Figure 36 : typologie des risques chimiques selon le scénario fictif donné au CERN

3.3.3 Estimation des risques sur l'ensemble du territoire du CERN au moyen de l'interpolation spatiale

Grâce à cette dernière carte ([fig. 37](#)), l'ensemble du territoire du CERN est couvert par une estimation du risque : à l'exception de quelques effets de bord sur certains sites, qui n'ont d'ailleurs pas connu d'incidents fictifs (comme au point 3). Globalement, il s'agit d'une synthèse des deux premières cartes : le contraste entre les sites mineurs et majeurs du CERN est visible, puisque les sites mineurs font globalement l'objet d'une estimation d'un risque chimique faible. Précisément, les points 6 et 8 sont globalement les seuls qui ont une estimation de risque modérément élevée. Nous avons vu que sur la deuxième carte ([fig. 36](#)), les risques allaient dans le même sens, c'est-à-dire modérés. Sur les points 2 et 5, l'interpolation illustre clairement la centralité des risques moyens et des risques réels et estimés plus faibles à la périphérie. C'est également le cas pour le point 1.8 (ou BA 7) : le risque élevé à l'est contraste avec le reste du site. Enfin, l'interpolation met clairement en évidence le contraste entre l'ouest et l'est du site (où le risque est plus faible) au point 1.

Concernant les deux sites majeurs, les centralités où les risques avaient été identifiés comme élevés ressortent également. En effet, à Meyrin : le laboratoire 107 au sud, le magasin du CERN et l'expérience ISOLDE au nord, l'expérience n_TOF ([encadré 6](#)), le bâtiment 180 et le hall de compression d'hélium sont mis en avant par la symbolologie de la carte (couleurs chaudes). Seul le bâtiment 10 est minimisé au sein de cette carte : le poids des risques faibles en périphérie de ce dernier ressort beaucoup, notamment au centre du site de Meyrin. À Prévessin, cette fois, les risques élevés sont bien localisés autour du bâtiment de 771 et contraste grandement avec le reste du site.

ISOLDE, pour « Isotope Separator On Line DEvice », est une expérience qui a été créée en 1964 pour interroger la « faisabilité de la production en ligne d'isotopes radioactifs à courte durée de vie démontrée dès 1951 par O. Kofoed Hansen et K.-O. Nielsen » (History | ISOLDE, s.d.).

« L'installation de mesure du temps de vol des neutrons (n_TOF) fonctionne au CERN depuis 2001. Il s'agit d'une source de neutrons pulsés associée à une trajectoire de 200 mètres qui a été conçue pour étudier les interactions noyau - neutron pour des énergies de neutron allant de quelques MeV à plusieurs GeV » (n_TOF , s.d.).

Encadré 6 : expériences ISOLDE et n_TOF au CERN

En somme, cette carte est une manière intéressante d'estimer le risque sur l'ensemble du territoire du CERN et représente une synthèse intéressante des deux premières cartes. C'est notamment ce que les pompiers concertés ont mis en évidence. De plus, cette cartographie globale du risque chimique, dans ce scénario fictif, peut être utilisée avec des données réelles au CERN pour établir des recommandations de risque pour la réponse opérationnelle et préventive du Service Secours & Feu dans le futur. Bien entendu, d'autres initiatives ont été prises dans ce sens au sein de l'Organisation et de nombreux documents ont déjà été produits. L'apport de ce travail réside donc dans l'effort de synthèse des informations dans les livrables produits à la fin. D'autant plus que la manière dont le risque a été évalué par l'indicateur est en conformité avec ce qui a déjà été réalisé au CERN. L'indicateur d'analyse du risque et ses critères ont, de surcroît, fait l'objet de concertations. Pour l'instant, l'échelle choisie pour la discrétisation des données va de la valeur minimale (0,01) dans les données à la valeur maximale (0,61). Cependant, si le souhait futur est de comparer différentes cartes d'interpolation avec des données différentes, il sera question d'avoir les mêmes seuils de discrétisation entre ces différentes cartes : de 0,01 à 0,99, par exemple. Actuellement, le choix des valeurs minimales et maximales pour la discrétisation des données se justifie par le fait que la carte illustre au mieux la gradation entre les différents types de risques.

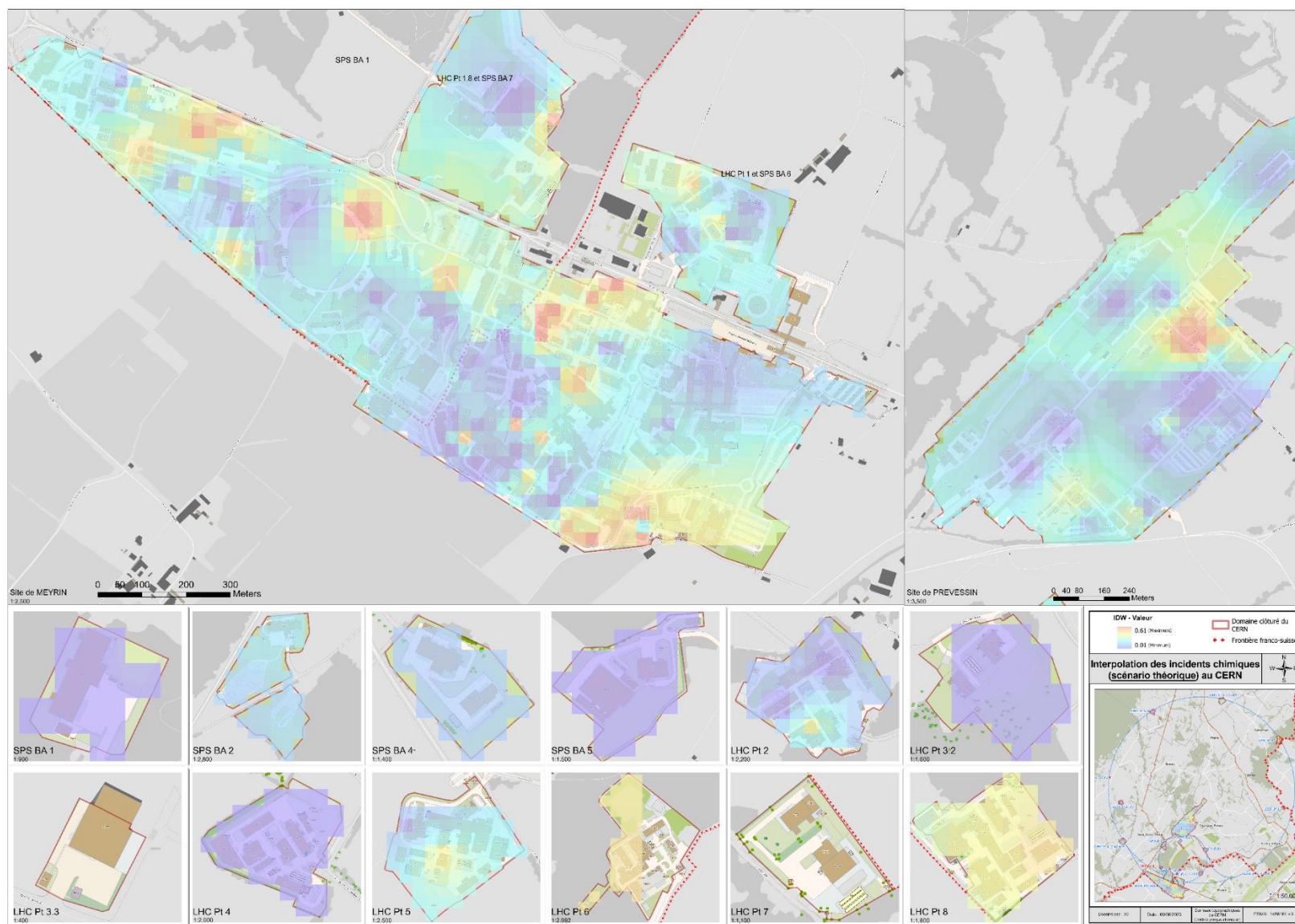


Figure 37 : Interpolation des incidents chimiques au CERN selon le scénario donné

Discussion

Pour rappel, les principaux objectifs de ce mémoire étaient : premièrement de comprendre l'utilité du GIS du CERN pour les pompiers et l'usage qu'ils en ont ; deuxièmement, d'améliorer cette utilisation et, troisièmement, de contribuer à une cartographie des risques durable et fiable au sein de l'organisation.

En ce qui concerne l'analyse et l'interprétation des résultats de ce travail, il est d'abord possible d'évoquer son apport aux objectifs principaux énoncés. Avec l'enquête, ce travail a contribué à comprendre l'utilité du GIS du CERN pour les pompiers et la manière dont l'outil était utilisé. Les résultats de l'enquête indiquent que la majorité des pompiers trouvent leurs valeurs dans l'utilisation du GIS et ce sont les pompiers qui ont déjà quelques années d'expérience au CERN qui l'utilisent le plus. Cela peut s'expliquer par le fait qu'ils ont eu le temps d'acquérir d'autres compétences nécessaires pour exercer leur métier dans l'environnement unique de l'Organisation. Ainsi, ils ont plus de temps à consacrer à l'utilisation du GIS. Enfin, le portail GIS CFRS, qui est le plus complet, a été considéré comme le plus pertinent, bien que des éléments de complexité aient été soulignés. Ceci nous amène à l'apport de ce travail dans l'effort d'adaptation de l'outil à l'usage des pompiers : l'ergonomie de l'outil a été améliorée, avec la création de nouveaux pictogrammes standardisés et surtout une hiérarchisation des pictogrammes en fonction de l'échelle d'affichage et des deux phases opérationnelles des sapeurs-pompiers en cas d'incident : réflexe (affichage des données par défaut) et réfléchi (données sélectionnables en fonction du contexte). Cette partie du travail a été présentée à l'unité HSE du CERN, ce qui est très valorisant. En outre, des formations et des documents d'aide à la compréhension de l'outil et des données ont été créés pour en faciliter l'utilisation. Des processus ont été créés pour standardiser la façon dont il peut être utilisé dans ces deux phases et la façon dont l'édition des données peut aider à le maintenir à jour. Tout ce travail a également conduit à la création de deux nouvelles utilisations : la création de plans d'évacuation avec un nouveau processus centralisé autour du GIS, et l'analyse des données spatiales liées aux risques au sein de l'Organisation. En ce qui concerne l'analyse des risques, l'apport de ce travail est d'avoir posé les bases méthodologiques d'une cartographie des risques fiable et durable au sein du CERN. En effet, dans la continuité de ce qui a été fait dans la littérature et au sein de l'Organisation, un indicateur de risque a été testé et tous les calculs et cartographies réalisés dans un scénario fictif donné seront réutilisables dans le futur avec des données réelles. Enfin, les pompiers sont satisfaits de la cartographie et de la synthèse qu'elle apporte en termes d'aide à la décision.

Par ailleurs, le temps et la flexibilité nécessaires à la réalisation puis à l'analyse de l'enquête, sont les premières limites de ce travail : des entretiens ont été réalisés de nuit et ont été interrompus pour des raisons d'interventions. À propos de l'usage du GIS, ensuite, le temps nécessaire aux différentes interactions avec le service responsable du GIS au CERN est un premier point. En effet, ce service a pour responsabilité d'œuvrer pour l'ensemble des demandes au sein de l'Organisation concernant GIS, et les délais pour procéder à des changements au sein des portails dédiés aux pompiers sont souvent limitants. Et ce, malgré leur bonne volonté et leurs efforts inestimables, dont je suis extrêmement reconnaissant. Deuxièmement, la grande majorité des données spatiales utilisées par les portails GIS dédiés aux pompiers sont la propriété d'autres services : ce qui augmente drastiquement le temps nécessaire et la marge de manœuvre pour améliorer l'ergonomie globale de l'outil : ils ont les droits sur le pictogramme, le titre et la manière dont ils affichent la donnée. Pour leur défense, ils ont leurs propres problématiques à cartographier et à gérer. Toutefois, malgré leur détermination et leur travail, que ce rapport ne cherche pas à remettre en cause, ces problématiques, qui leur sont propres, ne sont pas toujours cohérentes avec celles des pompiers qui privilégient l'essentiel et le pragmatisme pour pouvoir agir dans l'urgence. En somme, il faudra encore du temps pour continuer à améliorer l'ergonomie de l'outil, et les trois mois restants au CERN seront précieux pour y contribuer. Concernant la cartographie du

risque, cette fois, une sauvegarde systématique des rapports d'incidents (pour les probabilités) et des travaux futurs visant à améliorer la définition des catégories appropriées pour estimer avec précision l'impact des incidents pourraient apporter une contribution majeure à l'amélioration de ce travail basé sur un scénario fictif.

En résumé, la discussion met en évidence les principaux résultats, leurs contributions et leurs limites. La section suivante présente une synthèse concise des tâches accomplies, des compétences acquises et une ouverture.

Conclusion

Lors de ce programme Étudiant Technique au sein du Service Secours & Feu du CERN, ma première tâche principale a été de comprendre l'utilité du GIS dans le cadre d'un usage par les pompiers de l'outil. Il s'agissait également de proposer des axes d'amélioration afin d'adapter et de faciliter son utilisation en fonction des réponses opérationnelles et préventives du service. Enfin, certaines activités ont été optimisées, à l'image du processus d'élaboration de plan d'évacuation, qui fait partie des nouveaux usages du GIS. Enfin, l'analyse spatiale a été la dernière pierre angulaire de ce travail, dans la mesure où une méthodologie et des résultats basés sur un scénario fictif ont été proposés et peuvent ouvrir de nouvelles perspectives dans le domaine au sein de l'Organisation.

Grâce à cette expérience, j'ai acquis de nombreuses compétences techniques, notamment dans la pratique avec la suite GIS d'Esri, à savoir : la cartographie embarquée avec Field Maps, la création de cartes et de Templates sur ArcGIS Pro et la gestion des portails GIS du CERN via ArcGIS online. La création des pictogrammes m'a permis d'utiliser régulièrement l'outil de création graphique Inkscape tout en respectant les standards internationaux et nationaux (compréhension des réglementations et des normes). Par ailleurs, l'utilisation d'une base de données et son adaptation à l'indicateur de risque mis en place a été une source de nouvelles compétences d'une part, et un renforcement de mes connaissances de l'outil R d'autre part. Elle a également été directement liée à l'acquisition de nouvelles compétences en matière de recherche et d'analyse, notamment dans le domaine du risque où une large littérature a été consultée et une méthodologie et des analyses ont été créées. Cette expérience m'a aussi permis de développer une flexibilité et un sens de l'adaptation vis-à-vis d'un environnement nouveau et particulier : il a été question d'échanger, de débattre, de soutenir des idées dans différentes langues, à propos de thématiques acquises et nouvelles. Il a aussi été question de vulgariser tout cela pour que cela soit facilement compréhensible par d'autres corps de métier, à l'image des pompiers (formations) ou d'experts en sécurité (concertation, soutenances). En somme, j'ai appris et développés mes compétences en adaptabilité et en communication. Pour conclure, j'ai aussi beaucoup renforcé mon autonomie, mon adaptabilité à travailler en équipe et mes compétences en gestion de projets multiples et à entreprendre simultanément. Cela m'a permis, en outre, à gérer efficacement mon temps. En somme, si je mets en perspective toutes ces compétences par rapport aux apprentissages du Master ADAUR et du Cursus Master Ingénierie SIGIT, cette expérience m'a permis : d'une part, de mettre à profit mes compétences en géomatique, en analyse spatiale et en aide à la décision ; et d'autre part, d'apprendre beaucoup et/ou de renforcer mes compétences en communication, en recherche, en gestion de projets et en communication.

L'ensemble de ces compétences me seront bénéfiques pour mes projets professionnels. Pour le monde de la recherche, cela a été un exercice extrêmement enrichissant de se former à de nouveaux domaines d'analyses puis de créer une méthodologie et des livrables qui répondent, en grande partie, aux objectifs initialement fixés. Dans le monde opérationnel, par ailleurs, je me sens tout à fait capable de mettre à profit la majorité des compétences acquises tout en étant prêt à m'adapter à un nouvel environnement de travail et/ou en continuant, ici, au CERN car les perspectives sont riches. Effectivement, pour ouvrir ce travail, il est possible d'ajouter que les concertations pourront continuer et être approfondie avec les experts et

ingénieurs de sécurité du CERN à propos du travail de définition des critères d'analyses du risque pour les probabilités et les impacts potentiels d'incidents réels. Ce futur travail d'amélioration des catégories pourra aussi contribuer à un projet plus vaste, mené par Jean Audrain, officier pompier : il s'agit du projet MoST, qui prévoit l'implémentation d'un nouveau logiciel d'alerte et de gestion opérationnel au sein du Service Secours & Feu. Le projet MoST inclut la gestion des rapports d'incidents, et l'idée est de mettre en place ces catégories, dont la réflexion a été initiée par ce projet. À l'avenir, cela permettra d'enregistrer systématiquement les rapports d'incidents (afin de garantir des probabilités d'occurrence fiables) dans lesquels les catégories d'impact des incidents seront prises en compte, garantissant ainsi une cartographie durable des risques au sein du CERN et influençant efficacement la réponse opérationnelle et préventive du Service Secours & Feu.

Références

11. *Analyse Spatiale (Interpolation) — Documentation QGIS Documentation* (sans date). Available at: https://docs.qgis.org/3.28/fr/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html (Consulté: le 10 Juin 2023).
- de Almeida, L.Q., Welle, T. and Birkmann, J. (2016) 'Disaster risk indicators in Brazil: A proposal based on the world risk index', *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 17, pp. 251–272. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.04.007>.
- Avril, A. and Laporte, C.Y. (2011) *L'assurance qualité logicielle: concepts de base*. Paris: Hermès science publications-Lavoisier.
- Article L4121-1 - Code du travail - Légifrance (sans date). Available at: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000035640828 (Consulté: le 24 Mars 2023).
- Article L4121-2 - Code du travail - Légifrance (sans date). Available at: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000033019913 (Consulté: le 24 Mars 2023).
- Birkmann, J. (2007) 'Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications', *Environmental Hazards*, 7(1), pp. 20–31. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.04.002>.
- Bonnal, P. (2015) 'YACA (Yet Another Charting Approach) : Une démarche de description de processus foncièrement collaboratifs'.
- Bonnal, P., Forrest, R. and Poole, J. (sans date) 'Priorities for Consolidation of CERN Accelerators'.
- BPMN Specification (sans date). Available at: <https://www.bpmn.org/> (Consulté: le 14 Avril 2023).
- Cambridge Dictionary (2023) *utility*. Available at: <https://dictionary.cambridge.org/fr/dictionnaire/anglais/utility> (Consulté: le 30 Mars 2023).
- CERES (sans date). Available at: <https://hse.cern/fr/news-article/ceres-nouvelle-base-de-donnees-centralisee-pour-linventaire-des-produits-chimiques> (Consulté: le 12 Juin 2023).
- Chen, G. et al. (2019) 'A methodology for quantitative vulnerability assessment of coupled multi-hazard in Chemical Industrial Park', *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 58, pp. 30–41. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2019.01.008>.
- Confédération suisse (sans date) RS 832.30 - Ordonnance du 19 décembre 1983 sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles (Ordonnance sur la prévention des accidents, OPA). Available at: https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1983/1968_1968_1968/fr#a3 (Consulté: le 24 Mars 2023).
- Coordinator, O. of the U.N.D.R. (1980) 'Natural disasters and vulnerability analysis :: report of Expert Group Meeting, 9-12 July 1979', in: *Expert Group Meeting on Vulnerability Analysis (1979: Geneva)*, UN,. Available at: <https://digitallibrary.un.org/record/95986> (Consulté: le 20 Mars 2023).
- Daniel Kewski (sans date) 'Estimation des risques'. Université d'Ottawa. Available at: <https://riskcom.ca/interpretation/estimationfr.shtml> (Consulté: le 22 Avril 2023).
- Diouf, A. and Gaye, A.T. (2015) 'A Methodological Framework for Building an Index for VulnerabilityIndex, participatory vulnerability assessmentVulnerability

assessmentAssessment of vulnerabilityParticipatory approachAssessment in Rainfed Agriculture', in W. Leal Filho (ed.) *Handbook of Climate Change Adaptation*. Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 3–15. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-642-38670-1_42.

DRIRE (2005) 'GLOSSAIRE TECHNIQUE DES RISQUES TECHNOLOGIQUES'.

EUROPEAN COMMISSION (2021) *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS EU strategic framework on health and safety at work 2021-2027 Occupational safety and health in a changing world of work*. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0323&qid=1626089672913#PP1Contents> (Consulté: le 24 Mars 2023).

Field, C.B., Barros, V.R. and Intergovernmental Panel on Climate Change (eds) (2014) *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability: Working Group II contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York, NY: Cambridge University Press.

Fonctionnement de IDW—ArcGIS Pro | Documentation (sans date). Available at: <https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/2.9/tool-reference/spatial-analyst/how-idw-works.htm> (Consulté: le 10 Juin 2023).

He, Z., Chen, C. and Weng, W. (2022) 'Multi-hazard risk assessment in process industries: State-of-the-Art', *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 76, p. 104672. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104672>.

History | ISOLDE (no date). Available at: <https://isolde.cern/history> (Consulté le : 21 Juin 2023).

HSE-FRS | HSE unit at CERN (sans date). Available at: <https://hse.cern/fr/content/hse-frs> (Consulté: le 5 Mars 2023).

INRS (2022) *Évaluation des risques professionnels*. Available at: <https://www.inrs.fr/deMarse/evaluation-risques-professionnels/ce-qu-il-faut-retenir.html> (Consulté: le 20 Mars 2023).

Islam, M.S., Swapan, M.S.H. and Haque, S.M. (2013) 'Disaster risk index: How far should it take account of local attributes?', *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 3, p. 76.

ISO - ISO 31000 — *Management du risque* (2021) ISO. Available at: <https://www.iso.org/fr/iso-31000-risk-management.html> (Consulté: le 22 Avril 2023).

Kappes, M.S. et al. (2012) 'Challenges of analyzing multi-hazard risk: a review', *Natural Hazards*, 64(2), pp. 1925–1958. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0294-2>.

Konecny, M., Zlatanova, S. and Bandrova, T.L. (2010) *Geographic information and cartography for risk and crises management: towards better solutions*. Heidelberg: Springer Verlag (Lecture notes in geoinformation and cartography).

La caserne des pompiers est sous les feux de la rampe (2023) CERN. Available at: <https://home.cern/fr/news/news/cern/fire-station-spotlight> (Consulté: le 29 Mars 2023).

LEIR (2023) CERN. Available at: <https://home.cern/fr/science/accelerators/low-energy-ion-ring> (Consulté: le 7 Juin 2023).

Luu, C. and Von Meding, J. (2018) 'A Flood Risk Assessment of Quang Nam, Vietnam Using Spatial Multicriteria Decision Analysis', *Water*, 10(4), p. 461. Available at: <https://doi.org/10.3390/w10040461>.

Maskrey, A. (1993) 'Los Desastres No Son Naturales'.

'Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies' (2007) *Choice Reviews Online*, 45(01), pp. 45-0295-45-0295. Available at: <https://doi.org/10.5860/CHOICE.45-0295>.

n_TOF (2023) CERN. Available at: https://home.cern/fr/science/experiments/n_tof (consulté le : 21 Juin 2023).

Peng, S.-H. (2018) 'Preparation of a flood-risk environmental index: case study of eight townships in Changhua County, Taiwan', *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(3), p. 174. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6540-7>.

Pomès, É. (2012) *Droit international public: 21 fiches de synthèse pour préparer les TD et réviser les examens*. Studyrama. Available at: <https://www.numeriquepremium.com/content/books/9782759015450> (Consulté: le 17 Avril 2023).

Prevention, O. (sans date) *Les indicateurs de santé et sécurité au travail*. Available at: <https://www.officiel-prevention.com/dossier/formation/formation-continue-a-la-securite/les-indicateurs-de-sante-et-securite-au-travail> (Consulté: le 20 Mars 2023).

Qui sommes-nous ? (2013) *Géoconfluences*. École normale supérieure de Lyon. Available at: <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/a-propos/qui-sommes-nous> (Consulté: le 15 Mars 2023).

Ramli, M.W.A. et al. (2020) 'Disaster Risk Index: A Review of Local Scale Concept and Methodologies', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 479(1), p. 012023. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/479/1/012023>.

Rana, I.A. and Routray, J.K. (2018) 'Integrated methodology for flood risk assessment and application in urban communities of Pakistan', *Natural Hazards*, 91(1), pp. 239–266. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3124-8>.

Rapport sur l'environnement 2019-2020 - À propos du CERN | HSE unit at CERN (sans date). Available at: <https://hse.cern/fr/rapport-environnement-2019-2020/propos-cern> (Consulté: le 5 Mars 2023).

Risque (2023) *Géoconfluences*. École normale supérieure de Lyon. Available at: <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/risque-s> (Consulté: le 15 Mars 2023).

Risques technologiques: la directive SEVESO et la loi Risques (sans date) *Ministères Écologie Énergie Territoires*. Available at: <https://www.ecologie.gouv.fr/risques-technologiques-directive-seveso-et-loi-risques> (Consulté: le 30 Mars 2023).

Sauvayre, R. (2013) 'Chapitre 1. La préparation à l'entretien', in *Les méthodes de l'entretien en sciences sociales*. Paris: Dunod (Psycho Sup), pp. 1–47. Available at: <https://doi.org/10.3917/dunod.sauva.2013.01.0003>.

Scheer, D. et al. (2014) 'The Distinction Between Risk and Hazard: Understanding and Use in Stakeholder Communication: Distinction Between Risk and Hazard', *Risk Analysis*, 34(7), pp. 1270–1285. Available at: <https://doi.org/10.1111/risa.12169>.

'SDACR-2019-2023' (2019). Available at: <https://www.indre-et-loire.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Securite-et-protection-des-personnes/Securite-civile/Schema-departemental-d-analyse-et-de-couverture-des-risques-SDACR/Schema-departemental-d-analyse-et-de-couverture-des-risques-SDACR> (Consulté: le 16 Mars 2023).

SECO, S. d'Etat à l'économie (sans date) *OTL 3*. Available at: <https://www.seco.admin.ch/seco/fr/home/Arbeit/Arbeitsbedingungen/Arbeitsgesetz-und-Verordnungen/Wegleitungen/wegleitung-zur-argv-3.html> (Consulté: le 16 Avril 2023).

Senn, M. (2014) 'A COMPREHENSIVE DISASTER RISK INDEX FOR THE UNITED STATES', *Theses and Dissertations* [Preprint]. Available at: <https://scholarcommons.sc.edu/etd/2886>.

Simard, S. (1991) 'Fire Severity, Changing Scales, and How Things Hang Together', *International Journal of Wildland Fire*, 1(1), p. 23. Available at: <https://doi.org/10.1071/WF9910023>.

SiteSecurite (sans date). Available at: <https://www.sitesecurite.com/> (Consulté: le 16 Avril 2023).

Symbologie d'une carte de densité—ArcGIS Pro | Documentation (sans date). Available at: <https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/heat-map.htm> (Consulté: le 9 Juin 2023).

Système d'information géographique (SIG) (2021) Géoconfluences. École normale supérieure de Lyon. Available at: <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/systemes-dinformation-geographique-sig-et-geomatique> (Consulté: le 29 Mars 2023).

Technical Student Programme (sans date) CERN. Available at: <https://careers.smartrecruiters.com/CERN/CERN/tech> (Consulté: le 5 Mars 2023).

UNDRR (2004) *Living with risk*. 1. Geneva: UN/ISDR.

UNU-EHS (2013) 'Indicators for the Local Risk Index (Indonesia)'.

usage (2023). Available at: <https://dictionary.cambridge.org/fr/dictionnaire/anglais/usage> (Consulté: le 30 Mars 2023).

UVED (2008) *Le codage RVB*. Available at: <https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uvved/envcal/html/compositions-colorees/representations-couleur/systemes-materiels/rqb.html> (Consulté: le 10 Juin 2023).

Vereinte Nationen (ed.) (2015) *Making development sustainable: the future of disaster risk management*. Geneva: United Nations (Global assessment report on disaster risk reduction, 4.2015).

Vie publique (2021) *Prévention des risques industriels : un état des lieux*, [vie-publique.fr](http://www.vie-publique.fr/eclairage/274283-la-prevention-des-risques-industriels-un-etat-des-lieux). Available at: <http://www.vie-publique.fr/eclairage/274283-la-prevention-des-risques-industriels-un-etat-des-lieux> (Consulté: le 30 Mars 2023).

Wagner, J. and Fuino, M. (2022) *Gestion du risque & introduction aux assurances*. Lausanne: EPFL press (Économie et management).

Wannewitz, S., Hagenlocher, M. and Garschagen, M. (2016) 'Development and validation of a sub-national multi-hazard risk index for the Philippines', *GI_Forum*, 4(1), pp. 133–140. Available at: https://doi.org/10.1553/giscience2016_01_s133.

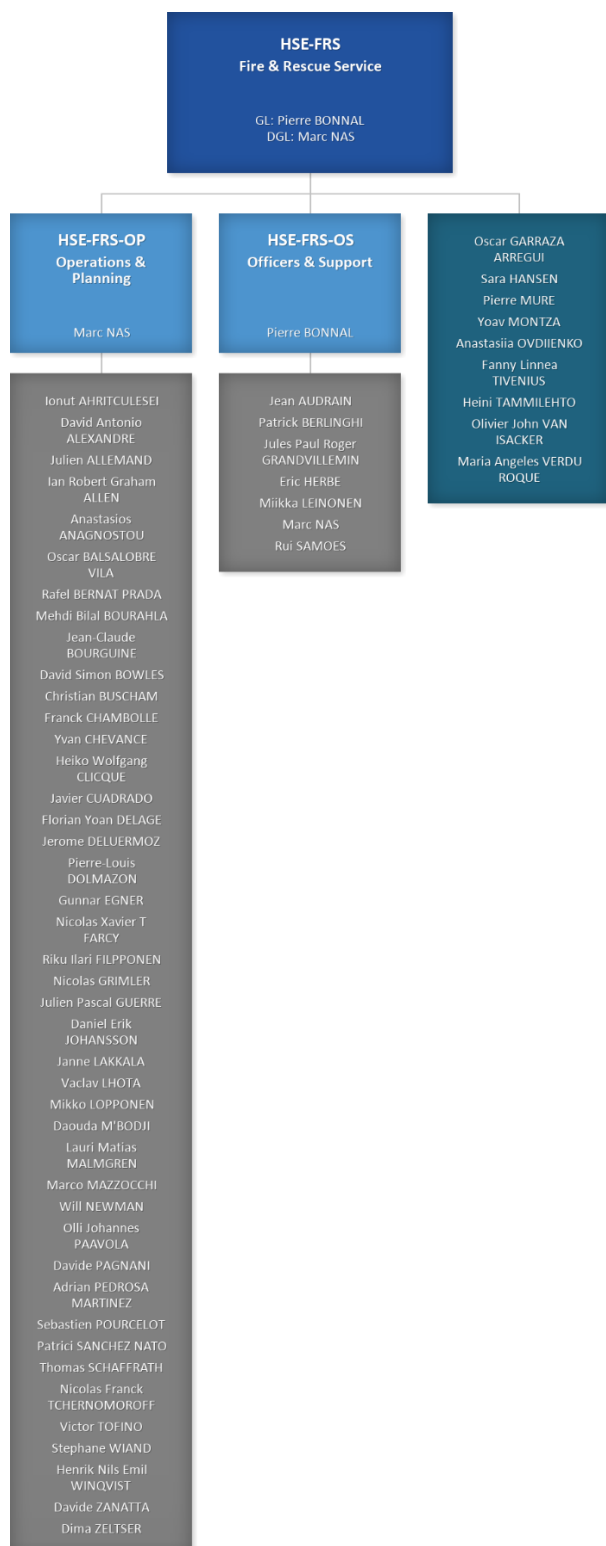
White, S.A. (sans date) 'Process Modeling Notations and Workflow Patterns'.

World Economic Forum (2019) *The Global Risks Report 2019*. Available at: <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2019/> (Consulté: le 23 Avril 2023).

Zhou, Y. et al. (2015) 'Integrated risk assessment of multi-hazards in China', *Natural Hazards*, 78(1), pp. 257–280. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1713-y>.

Annexe

Organigramme du Service Secours & Feu



Pour pouvoir assurer les missions mentionnées ci-avant : 8 à 12 pompiers professionnels se relayent chaque jour en occupant différents postes :

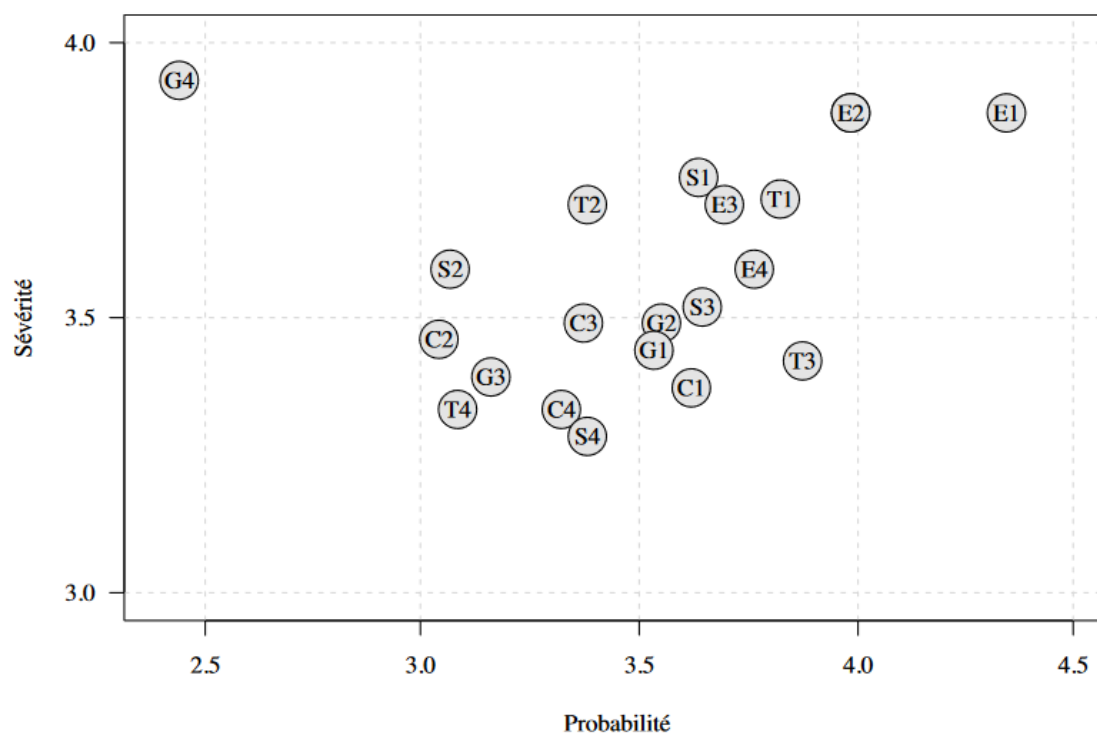
- WatchManager (superviseur de l'équipe) ;
- Opérateur Safety Control Room (assure le poste au sein de la salle des contrôles en répondant aux téléphones et/ou aux alarmes. À la suite de quoi, il mobilise les équipes en fonction de la nature des interventions tout en lui assurant un suivi et une aide opérationnelle à distance) ;
- Pompier (ils sont spécialisés en risque technologique)
- Pompier ambulancier (ces pompiers sont spécialisés au secours à victime)
- Officiers : un officier principal (s'il y a des effets dominos lors d'une intervention, il prend le commandement) et un officier de liaison (en cas d'escalade lors d'une intervention, il peut faire la liaison entre le Service de Secours & Feu et d'autres services internes et externe au CERN) par garde.

En outre, deux officiers de garde sont désignés par jour pour aider et superviser l'équipe. En dehors de ces heures de garde, ils travaillent tous sur des thèmes particuliers qui leur sont attribués, à l'image de la logistique et des formations pour le service.

Tous, répondent directement de Pierre Bonnal, chef de groupe. Pour ma part, j'ai réalisé cette année au CERN sous la supervision de Rui Samoes (officier pompier en charge de la préparation à la crise (*Preparedness*) en réalisant des plans d'intervention et en travaillant sur le Système d'Information Géographique du service).

Figure 38 : organigramme du Service Secours & Feu
Source : <https://organigram.web.CERN.ch/hse-frs>

Perception des risques majeurs à l'échelle planétaire



Environnement	Technologie	Société
E1. Événements météorologiques	T1. Cyberattaques	S1. Crises de l'eau
E2. Changements climatiques	T2. Cybergépendance	S2. Propagation de maladies
E3. Perte de biodiversité	T3. Fraude/vol de données	S3. Migrations involontaires
E4. Catastrophes naturelles	T4. Effets néfastes des progrès	S4. Instabilité sociale
Géopolitique	Économie	
G1. Échec de gouvernance nationale	C1. Bulles d'actifs	
G2. Conflits interétatiques	C2. Mécanisme financier	
G3. Attaques terroristes	C3. Crise fiscale	
G4. Armes de destruction massive	C4. Chômage structurel	

Figure 39 : Perception des principaux risques à l'échelle globale (Wagner et al., 2022 ; World Economic Forum, 2019). Échelles : Probabilité de très improbable (1) à très probable (5); sévérité de minime (1) à catastrophique (5).

Figures relatives aux formules de l'analyse des risques au CERN

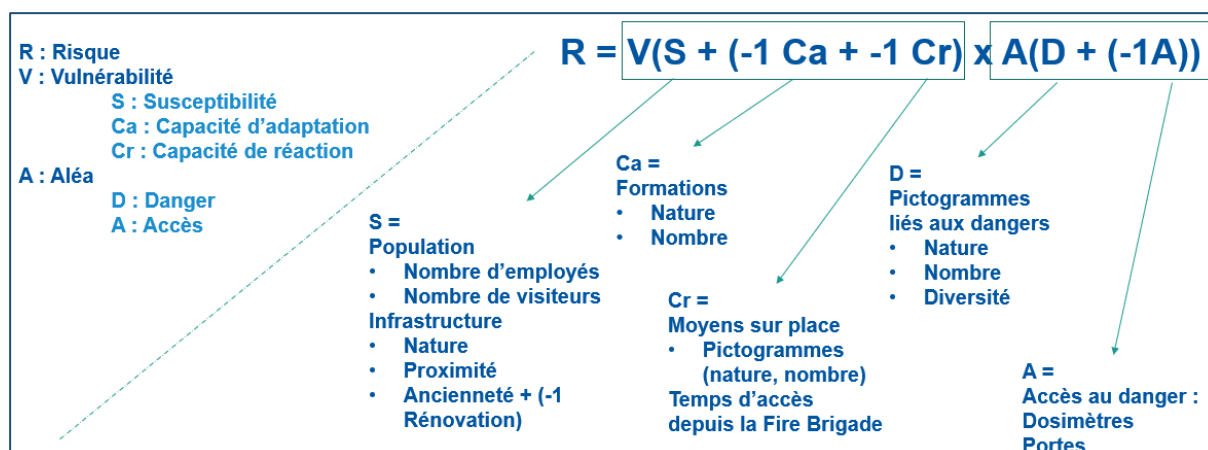


Figure 40 : Première formule choisie pour l'analyse du risque au CERN

L'avantage de cette première formule est qu'elle permettait de s'adapter aux caractéristiques particulières relatives aux infrastructures du CERN. Le tout, en se basant sur des références au sein de la littérature : le *World Risk Index* de façon globale et le *Disaster Risk Index* de plusieurs pays, comme les États-Unis, pour mesurer la vulnérabilité (Rimili et al. 2020). La partie sur l'aléa était le résultat de choix attributaires, et se justifiait sur la faite qu'elle avait l'avantage de prendre en compte des éléments de compensations à l'exposition des dangers (portails d'accès, sas d'entrée dans des zones radioactives, et cetera). Pour autant, il était difficilement justifiable mathématiquement de mesurer ces effets de compensation sur des dangers. Aussi, les autres inconvénients de ce calcul étaient la création d'un nouvel indicateur au CERN (sans se baser sur l'historique dans le domaine au sein de l'Organisation) ; et qu'il nécessite une quantité importante de données, qui ne sont pas toujours disponibles.

	Probabilité d'endommagement
Rare ; Probabilité : $\leq 0,1$	Moins d'une fois en 25 ans
Possible ; Probabilité : $> 0,1 \text{ \& } < 0,5$	Une fois tous les 5 à 10 ans
Probable ; Probabilité : 0,6	Une fois tous les 2 à 5 ans
Fréquent ; Probabilité : 0,9	Une fois par an

Tableau 3 : probabilité d'endommagement, CERN 2004 (Bonnal et al, 2004)

	Impact sur les objectifs scientifiques	Impact sur la réputation du CERN	Impact financier	Impact sur la sécurité en cas de défaillance
Insignifiant	Perte d'un jour de physique ou moins	Insignifiant	<0,5% du budget annuel du département AB	Aucune blessure et aucune conséquence sur l'environnement (comme la pollution ou l'exposition aux radiations).
Modéré	Entre 1 jour et 1 semaine de perte de physique	Problème traité au niveau de la direction d'un département	Entre 1% et 4% du budget annuel du département AB	Blessure nécessitant des soins médicaux, pas de perte de jours de travail
Majeur	Jusqu'à 3 à 5 semaines, impact majeur sur les objectifs scientifiques	Le problème doit être discuté au conseil d'administration ou avec les organes directeurs	C'est-à-dire un budget supplémentaire nécessaire pour réparer	Blessure importante, perte de jours de travail
Catastrophique	Arrêt de l'exploitation, incapacité à atteindre les objectifs scientifiques de l'année.	Ø	Rapport au Conseil ; l'avenir du CERN est menacé	Perte de vie

Tableau 4 : impacts, CERN 2004 (Bonnal et al., 2004)

L'outil CERES : une base de données centralisée au CERN pour l'inventaire des produits chimiques

L'outil CERES a été créé en 2020, par l'unité HSE du CERN. Il a pour objectif de partager et d'assurer la traçabilité totale des produits chimiques au sein de l'Organisation. Comme l'illustre la [fig. 41](#), « la base de données comprend toutes les informations relatives à la sécurité des produits chimiques, leur emplacement précis, ainsi que des données sur les évaluations des risques chimiques et environnementaux et les mesures de mitigation mises en place. » (CERES, s.d.)

Figure 41 : Vue d'une nouvelle entrée d'un cas dans CERES. Les produits et les numéros sont fictifs et sont utilisés à des fins d'illustration. Source : <https://hse.cern.fr/news-article/ceres-nouvelle-base-de-donnees-centralisee-pour-linventaire-des-produits-chi>

Lors de l'ajout de nouveau cas dans la base de données, l'outil exige certaines informations générales qui seront ensuite illustrées sur l'outil et sur GIS par le biais de pictogrammes relatifs aux dangers ([fig. 42](#)).

Nom commercial	Emplace...	Quantité	Est un aér...	Numéro UN et code de danger	Risque physique	Danger pour la santé	Danger environnemental
Alcool méthylique	29/1-001	300	Non				
ACETONE	29/9-017	100	Non				

Figure 42 : Vue GIS dans CERES. Les produits et les numéros sont fictifs et sont utilisés à des fins d'illustration. Source : <https://hse.cern.fr/news-article/ceres-nouvelle-base-de-donnees-centralisee-pour-linventaire-des-produits-chimiques>

Script R pour exploiter la base de données CERES selon les critères choisis au sein de l'indicateur de mesure du risque

```

1 ##### Analyses des risques chimiques au CERN
2 #####
3
4 ##### Jules Grandvillemin #
5 ##### 22/05/2023 #
6
7 ##### Chargement des packages nécessaires #####
8
9 # Si les packages ne sont pas installés, l'installation est requise
10 pour la suite :
11
12 install.packages("questionr")
13 install.packages("dplyr")
14 install.packages("doBy")
15 install.packages("stringr")
16 install.packages("ggplot2")
17 install.packages("reshape2")
18 install.packages("forcats")
19 install.packages("nycflights13")
20 install.packages("utils")
21 install.packages("lubridate")
22
23 # Une fois qu'ils sont installés, il s'agit de les charger :
24
25 library(questionr)
26 library(dplyr)
27 library(doBy)
28 library(stringr)
29 library(GGally)
30 library(ggplot2)
31 library(forcats)
32 library(nycflights13)
33 library(utils)
34 library(lubridate)
35
36 ##### Chargement des données de l'évaluation #####
37
38 # Définition du chemin vers le répertoire.
39 setwd(dir = choose.dir())
40
41 getwd()
42 # le présent dossier s'appelle "A_A_CERN"
43 # Il contient tous les fichiers importés dans R à l'aide du script.
44
45

```

```

46 # Chargement du package avec les données ####
47 list.files()
48 ceres <- read.csv(file ="export_ceres_anonymized.csv")
49
50 # Ensuite, on stocke les données dans un data.frame df
51 df <- ceres
52
53 ##### Première visualisation des données ####
54
55 # Pour savoir quelles sont dimensions de df :
56 dim(df)
57
58 # Pour savoir quel type de données il contient :
59 str(df)
60
61 # Affichage des données avec la fonction View()
62 View(df)
63
64 # Pour avoir des staitistiques descriptives sur toutes les variables du
65 tableau, on peut utiliser les fonctionns summary() ou describe()
66 summary(df)
67
68 ##### Recoder, renommer et reclasser des variables #####
69
70 # On liste les noms des variables du data.frame à l'aide de la fonction
71 names
72 names(df)
73
74 # Modalite de la variable PHYSICAL_HAZARD
75 table(df$PHYSICAL_HAZARD)
76 # Recodage de la variable PHYSICAL_HAZARD
77 df$PHYSICAL_HAZARD[df$PHYSICAL_HAZARD == "2"] <- "1"
78 df$PHYSICAL_HAZARD[df$PHYSICAL_HAZARD == "3"] <- "1"
79 df$PHYSICAL_HAZARD[df$PHYSICAL_HAZARD == "4"] <- "1"
80 df$PHYSICAL_HAZARD[df$PHYSICAL_HAZARD == "5"] <- "1"
81 df$PHYSICAL_HAZARD[df$PHYSICAL_HAZARD == "2;4"] <- "2"
82 df$PHYSICAL_HAZARD[df$PHYSICAL_HAZARD == "2;5"] <- "2"
83 df$PHYSICAL_HAZARD[df$PHYSICAL_HAZARD == "3;4"] <- "2"
84 df$PHYSICAL_HAZARD[df$PHYSICAL_HAZARD == "3;5"] <- "2"
85 df$PHYSICAL_HAZARD[df$PHYSICAL_HAZARD == "4;5"] <- "2"
86
87 # Modalite de la variable HEALTH_HAZARD
88 table(df$HEALTH_HAZARD)
89 # Recodage de la variable HEALTH_HAZARD
90 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "2"] <- "1"
91 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "3"] <- "1"
92 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "4"] <- "1"
93 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "5"] <- "1"
94 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6"] <- "1"

```

```

95 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7"] <- "1"
96 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "8"] <- "1"
97 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "9"] <- "1"
98 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "10"] <- "1"
99 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "11"] <- "1"
100 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "12"] <- "1"
101 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "13"] <- "1"
102 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "14"] <- "1"
103 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "16"] <- "1"
104 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "19"] <- "1"
105 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "32"] <- "1"
106 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "42"] <- "1"
107 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "46"] <- "1"
108 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "54"] <- "1"
109 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "55"] <- "1"
110 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "181"] <- "1"
111 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "243"] <- "1"
112 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "1206"] <- "1"
113 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "956"] <- "1"
114 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7"] <- "2"
115 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;8"] <- "2"
116 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;9"] <- "2"
117 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;12"] <- "2"
118 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;8"] <- "2"
119 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;9"] <- "2"
120 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;19"] <- "2"
121 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;12"] <- "2"
122 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;12"] <- "2"
123 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;13"] <- "2"
124 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;14"] <- "2"
125 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "8;12"] <- "2"
126 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "8;9"] <- "2"
127 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "9;12"] <- "2"
128 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "9;14"] <- "2"
129 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "12;14"] <- "2"
130 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;8"] <- "3"
131 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;12"] <- "3"
132 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;8;12"] <- "3"
133 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;9;12"] <- "3"
134 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;13"] <- "3"
135 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;9"] <- "3"
136 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;8;9"] <- "3"
137 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;9;12"] <- "3"
138 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;9;13"] <- "3"
139 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;9;14"] <- "3"
140 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;8;12"] <- "3"
141 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;8;13"] <- "3"
142 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;8;14"] <- "3"
143 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;8;14"] <- "3"

```

```

144 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "8;9;13"] <- "3"
145 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;12;14"] <- "3"
146 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;9;12"] <- "4"
147 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;9;13"] <- "4"
148 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;8;9"] <- "4"
149 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;8;12"] <- "4"
150 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;8;9;12"] <- "4"
151 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;8;13"] <- "4"
152 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;8;9;12"] <- "4"
153 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;8;12;13"] <- "4"
154 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;8;9;13"] <- "4"
155 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;8;12;14"] <- "4"
156 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "8;12;13;14"] <- "4"
157 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;8;9;12;13"] <- "4"
158 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;8;9;12"] <- "4"
159 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;8;12;13"] <- "4"
160 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;8;12;13"] <- "4"
161 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;8;9;12;14"] <- "4"
162 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "7;8;12;13;14"] <- "4"
163 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "8;9;12;13;14"] <- "4"
164 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;8;9;12;13"] <- "4"
165 df$HEALTH_HAZARD[df$HEALTH_HAZARD == "6;7;8;12;13;14"] <- "4"
166
167
168 # Modalite de la variable ENVIRONMENTAL_HAZARD
169 table(df$ENVIRONMENTAL_HAZARD)
170 # Recodage de la variable HEALTH_HAZARD
171 df$ENVIRONMENTAL_HAZARD[df$ENVIRONMENTAL_HAZARD == "10"] <- "1"
172 df$ENVIRONMENTAL_HAZARD[df$ENVIRONMENTAL_HAZARD == "631"] <- "1"
173
174 # Modalite de la variable CREATEDTE
175 table(df$CREATEDTE)
176 # Supression de caractères
177
178 df_ceres <- data.frame(ID = df$ID ,
179                        substr(df$CREATEDTE, 5,10),
180                        df$PHYSICAL_HAZARD,
181                        df$HEALTH_HAZARD,
182                        df$ENVIRONMENTAL_HAZARD,
183                        df$QUANTITY,
184                        df$LOCATION_NAME)
185
186 df_ceres[df_ceres == " 2005"] <- "2005"
187 df_ceres[df_ceres == " 2005"] <- "2005"
188 df_ceres[df_ceres == "/2005"] <- "2005"
189 df_ceres[df_ceres == " /2005"] <- "2005"
190 df_ceres[df_ceres == "/2005 "] <- "2005"
191 df_ceres[df_ceres == "0/2005"] <- "2005"
192 df_ceres[df_ceres == "1/2005"] <- "2005"

```

```

193 df_ceres[df_ceres == "2/2005"] <- "2005"
194 df_ceres[df_ceres == "3/2005"] <- "2005"
195 df_ceres[df_ceres == "4/2005"] <- "2005"
196 df_ceres[df_ceres == "5/2005"] <- "2005"
197 df_ceres[df_ceres == "6/2005"] <- "2005"
198 df_ceres[df_ceres == "7/2005"] <- "2005"
199 df_ceres[df_ceres == "8/2005"] <- "2005"
200 df_ceres[df_ceres == "9/2005"] <- "2005"
201 df_ceres[df_ceres == "2005 "] <- "2005"
202 df_ceres[df_ceres == "2005 0"] <- "2005"
203 df_ceres[df_ceres == "2005 1"] <- "2005"
204 df_ceres[df_ceres == "2005 2"] <- "2005"
205 df_ceres[df_ceres == "2005 3"] <- "2005"
206 df_ceres[df_ceres == "2005 4"] <- "2005"
207 df_ceres[df_ceres == "2005 5"] <- "2005"
208 df_ceres[df_ceres == "2005 6"] <- "2005"
209 df_ceres[df_ceres == "2005 7"] <- "2005"
210 df_ceres[df_ceres == "2005 8"] <- "2005"
211 df_ceres[df_ceres == "2005 9"] <- "2005"
212 df_ceres[df_ceres == "1/2005 "] <- "2005"
213 df_ceres[df_ceres == "2/2005 "] <- "2005"
214 df_ceres[df_ceres == "3/2005 "] <- "2005"
215 df_ceres[df_ceres == "4/2005 "] <- "2005"
216 df_ceres[df_ceres == "5/2005 "] <- "2005"
217 df_ceres[df_ceres == "6/2005 "] <- "2005"
218 df_ceres[df_ceres == "7/2005 "] <- "2005"
219 df_ceres[df_ceres == "8/2005 "] <- "2005"
220 df_ceres[df_ceres == "9/2005 "] <- "2005"
221 df_ceres[df_ceres == " 2006"] <- "2006"
222 df_ceres[df_ceres == " 2006"] <- "2006"
223 df_ceres[df_ceres == "/2006"] <- "2006"
224 df_ceres[df_ceres == " /2006"] <- "2006"
225 df_ceres[df_ceres == "/2006 "] <- "2006"
226 df_ceres[df_ceres == "0/2006"] <- "2006"
227 df_ceres[df_ceres == "1/2006"] <- "2006"
228 df_ceres[df_ceres == "2/2006"] <- "2006"
229 df_ceres[df_ceres == "3/2006"] <- "2006"
230 df_ceres[df_ceres == "4/2006"] <- "2006"
231 df_ceres[df_ceres == "5/2006"] <- "2006"
232 df_ceres[df_ceres == "6/2006"] <- "2006"
233 df_ceres[df_ceres == "7/2006"] <- "2006"
234 df_ceres[df_ceres == "8/2006"] <- "2006"
235 df_ceres[df_ceres == "9/2006"] <- "2006"
236 df_ceres[df_ceres == "2006 "] <- "2006"
237 df_ceres[df_ceres == "2006 0"] <- "2006"
238 df_ceres[df_ceres == "2006 1"] <- "2006"
239 df_ceres[df_ceres == "2006 2"] <- "2006"
240 df_ceres[df_ceres == "2006 3"] <- "2006"
241 df_ceres[df_ceres == "2006 4"] <- "2006"

```

```

242 df_ceres[df_ceres == "2006 5"] <- "2006"
243 df_ceres[df_ceres == "2006 6"] <- "2006"
244 df_ceres[df_ceres == "2006 7"] <- "2006"
245 df_ceres[df_ceres == "2006 8"] <- "2006"
246 df_ceres[df_ceres == "2006 9"] <- "2006"
247 df_ceres[df_ceres == "1/2006 "] <- "2006"
248 df_ceres[df_ceres == "2/2006 "] <- "2006"
249 df_ceres[df_ceres == "3/2006 "] <- "2006"
250 df_ceres[df_ceres == "4/2006 "] <- "2006"
251 df_ceres[df_ceres == "5/2006 "] <- "2006"
252 df_ceres[df_ceres == "6/2006 "] <- "2006"
253 df_ceres[df_ceres == "7/2006 "] <- "2006"
254 df_ceres[df_ceres == "8/2006 "] <- "2006"
255 df_ceres[df_ceres == "9/2006 "] <- "2006"
256 df_ceres[df_ceres == " 2007"] <- "2007"
257 df_ceres[df_ceres == " 2007"] <- "2007"
258 df_ceres[df_ceres == "/2007"] <- "2007"
259 df_ceres[df_ceres == " /2007"] <- "2007"
260 df_ceres[df_ceres == "/2007 "] <- "2007"
261 df_ceres[df_ceres == "0/2007"] <- "2007"
262 df_ceres[df_ceres == "1/2007"] <- "2007"
263 df_ceres[df_ceres == "2/2007"] <- "2007"
264 df_ceres[df_ceres == "3/2007"] <- "2007"
265 df_ceres[df_ceres == "4/2007"] <- "2007"
266 df_ceres[df_ceres == "5/2007"] <- "2007"
267 df_ceres[df_ceres == "6/2007"] <- "2007"
268 df_ceres[df_ceres == "7/2007"] <- "2007"
269 df_ceres[df_ceres == "8/2007"] <- "2007"
270 df_ceres[df_ceres == "9/2007"] <- "2007"
271 df_ceres[df_ceres == "2007 "] <- "2007"
272 df_ceres[df_ceres == "2007 0"] <- "2007"
273 df_ceres[df_ceres == "2007 1"] <- "2007"
274 df_ceres[df_ceres == "2007 2"] <- "2007"
275 df_ceres[df_ceres == "2007 3"] <- "2007"
276 df_ceres[df_ceres == "2007 4"] <- "2007"
277 df_ceres[df_ceres == "2007 5"] <- "2007"
278 df_ceres[df_ceres == "2007 6"] <- "2007"
279 df_ceres[df_ceres == "2007 7"] <- "2007"
280 df_ceres[df_ceres == "2007 8"] <- "2007"
281 df_ceres[df_ceres == "2007 9"] <- "2007"
282 df_ceres[df_ceres == "1/2007 "] <- "2007"
283 df_ceres[df_ceres == "2/2007 "] <- "2007"
284 df_ceres[df_ceres == "3/2007 "] <- "2007"
285 df_ceres[df_ceres == "4/2007 "] <- "2007"
286 df_ceres[df_ceres == "5/2007 "] <- "2007"
287 df_ceres[df_ceres == "6/2007 "] <- "2007"
288 df_ceres[df_ceres == "7/2007 "] <- "2007"
289 df_ceres[df_ceres == "8/2007 "] <- "2007"
290 df_ceres[df_ceres == "9/2007 "] <- "2007"

```

```

291 df_ceres[df_ceres == " 2008"] <- "2008"
292 df_ceres[df_ceres == " 2008"] <- "2008"
293 df_ceres[df_ceres == "/2008"] <- "2008"
294 df_ceres[df_ceres == "/2008 "] <- "2008"
295 df_ceres[df_ceres == " /2008"] <- "2008"
296 df_ceres[df_ceres == "/2008 "] <- "2008"
297 df_ceres[df_ceres == "0/2008"] <- "2008"
298 df_ceres[df_ceres == "1/2008"] <- "2008"
299 df_ceres[df_ceres == "2/2008"] <- "2008"
300 df_ceres[df_ceres == "3/2008"] <- "2008"
301 df_ceres[df_ceres == "4/2008"] <- "2008"
302 df_ceres[df_ceres == "5/2008"] <- "2008"
303 df_ceres[df_ceres == "6/2008"] <- "2008"
304 df_ceres[df_ceres == "7/2008"] <- "2008"
305 df_ceres[df_ceres == "8/2008"] <- "2008"
306 df_ceres[df_ceres == "9/2008"] <- "2008"
307 df_ceres[df_ceres == "2008 "] <- "2008"
308 df_ceres[df_ceres == "2008 0"] <- "2008"
309 df_ceres[df_ceres == "2008 1"] <- "2008"
310 df_ceres[df_ceres == "2008 2"] <- "2008"
311 df_ceres[df_ceres == "2008 3"] <- "2008"
312 df_ceres[df_ceres == "2008 4"] <- "2008"
313 df_ceres[df_ceres == "2008 5"] <- "2008"
314 df_ceres[df_ceres == "2008 6"] <- "2008"
315 df_ceres[df_ceres == "2008 7"] <- "2008"
316 df_ceres[df_ceres == "2008 8"] <- "2008"
317 df_ceres[df_ceres == "2008 9"] <- "2008"
318 df_ceres[df_ceres == "1/2008 "] <- "2008"
319 df_ceres[df_ceres == "2/2008 "] <- "2008"
320 df_ceres[df_ceres == "3/2008 "] <- "2008"
321 df_ceres[df_ceres == "4/2008 "] <- "2008"
322 df_ceres[df_ceres == "5/2008 "] <- "2008"
323 df_ceres[df_ceres == "6/2008 "] <- "2008"
324 df_ceres[df_ceres == "7/2008 "] <- "2008"
325 df_ceres[df_ceres == "8/2008 "] <- "2008"
326 df_ceres[df_ceres == "9/2008 "] <- "2008"
327 df_ceres[df_ceres == " 2009"] <- "2009"
328 df_ceres[df_ceres == " 2009"] <- "2009"
329 df_ceres[df_ceres == "/2009"] <- "2009"
330 df_ceres[df_ceres == " /2009"] <- "2009"
331 df_ceres[df_ceres == "/2009 "] <- "2009"
332 df_ceres[df_ceres == "0/2009"] <- "2009"
333 df_ceres[df_ceres == "1/2009"] <- "2009"
334 df_ceres[df_ceres == "2/2009"] <- "2009"
335 df_ceres[df_ceres == "3/2009"] <- "2009"
336 df_ceres[df_ceres == "4/2009"] <- "2009"
337 df_ceres[df_ceres == "5/2009"] <- "2009"
338 df_ceres[df_ceres == "6/2009"] <- "2009"
339 df_ceres[df_ceres == "7/2009"] <- "2009"

```

```

340 df_ceres[df_ceres == "8/2009"] <- "2009"
341 df_ceres[df_ceres == "9/2009"] <- "2009"
342 df_ceres[df_ceres == "2009 "] <- "2009"
343 df_ceres[df_ceres == "2009 0"] <- "2009"
344 df_ceres[df_ceres == "2009 1"] <- "2009"
345 df_ceres[df_ceres == "2009 2"] <- "2009"
346 df_ceres[df_ceres == "2009 3"] <- "2009"
347 df_ceres[df_ceres == "2009 4"] <- "2009"
348 df_ceres[df_ceres == "2009 5"] <- "2009"
349 df_ceres[df_ceres == "2009 6"] <- "2009"
350 df_ceres[df_ceres == "2009 7"] <- "2009"
351 df_ceres[df_ceres == "2009 8"] <- "2009"
352 df_ceres[df_ceres == "2009 9"] <- "2009"
353 df_ceres[df_ceres == "1/2009 "] <- "2009"
354 df_ceres[df_ceres == "2/2009 "] <- "2009"
355 df_ceres[df_ceres == "3/2009 "] <- "2009"
356 df_ceres[df_ceres == "4/2009 "] <- "2009"
357 df_ceres[df_ceres == "5/2009 "] <- "2009"
358 df_ceres[df_ceres == "6/2009 "] <- "2009"
359 df_ceres[df_ceres == "7/2009 "] <- "2009"
360 df_ceres[df_ceres == "8/2009 "] <- "2009"
361 df_ceres[df_ceres == "9/2009 "] <- "2009"
362 df_ceres[df_ceres == " 2010"] <- "2010"
363 df_ceres[df_ceres == " 2010"] <- "2010"
364 df_ceres[df_ceres == "/2010"] <- "2010"
365 df_ceres[df_ceres == " /2010"] <- "2010"
366 df_ceres[df_ceres == "/2010 "] <- "2010"
367 df_ceres[df_ceres == "0/2010"] <- "2010"
368 df_ceres[df_ceres == "1/2010"] <- "2010"
369 df_ceres[df_ceres == "2/2010"] <- "2010"
370 df_ceres[df_ceres == "3/2010"] <- "2010"
371 df_ceres[df_ceres == "4/2010"] <- "2010"
372 df_ceres[df_ceres == "5/2010"] <- "2010"
373 df_ceres[df_ceres == "6/2010"] <- "2010"
374 df_ceres[df_ceres == "7/2010"] <- "2010"
375 df_ceres[df_ceres == "8/2010"] <- "2010"
376 df_ceres[df_ceres == "9/2010"] <- "2010"
377 df_ceres[df_ceres == "2010 "] <- "2010"
378 df_ceres[df_ceres == "2010 0"] <- "2010"
379 df_ceres[df_ceres == "2010 1"] <- "2010"
380 df_ceres[df_ceres == "2010 2"] <- "2010"
381 df_ceres[df_ceres == "2010 3"] <- "2010"
382 df_ceres[df_ceres == "2010 4"] <- "2010"
383 df_ceres[df_ceres == "2010 5"] <- "2010"
384 df_ceres[df_ceres == "2010 6"] <- "2010"
385 df_ceres[df_ceres == "2010 7"] <- "2010"
386 df_ceres[df_ceres == "2010 8"] <- "2010"
387 df_ceres[df_ceres == "2010 9"] <- "2010"
388 df_ceres[df_ceres == "1/2010 "] <- "2010"

```

```

389 df_ceres[df_ceres == "2/2010 "] <- "2010"
390 df_ceres[df_ceres == "3/2010 "] <- "2010"
391 df_ceres[df_ceres == "4/2010 "] <- "2010"
392 df_ceres[df_ceres == "5/2010 "] <- "2010"
393 df_ceres[df_ceres == "6/2010 "] <- "2010"
394 df_ceres[df_ceres == "7/2010 "] <- "2010"
395 df_ceres[df_ceres == "8/2010 "] <- "2010"
396 df_ceres[df_ceres == "9/2010 "] <- "2010"
397 df_ceres[df_ceres == " 2011"] <- "2011"
398 df_ceres[df_ceres == " 2011"] <- "2011"
399 df_ceres[df_ceres == "/2011"] <- "2011"
400 df_ceres[df_ceres == " /2011"] <- "2011"
401 df_ceres[df_ceres == "/2011 "] <- "2011"
402 df_ceres[df_ceres == "0/2011"] <- "2011"
403 df_ceres[df_ceres == "1/2011"] <- "2011"
404 df_ceres[df_ceres == "2/2011"] <- "2011"
405 df_ceres[df_ceres == "3/2011"] <- "2011"
406 df_ceres[df_ceres == "4/2011"] <- "2011"
407 df_ceres[df_ceres == "5/2011"] <- "2011"
408 df_ceres[df_ceres == "6/2011"] <- "2011"
409 df_ceres[df_ceres == "7/2011"] <- "2011"
410 df_ceres[df_ceres == "8/2011"] <- "2011"
411 df_ceres[df_ceres == "9/2011"] <- "2011"
412 df_ceres[df_ceres == "2011 "] <- "2011"
413 df_ceres[df_ceres == "2011 0"] <- "2011"
414 df_ceres[df_ceres == "2011 1"] <- "2011"
415 df_ceres[df_ceres == "2011 2"] <- "2011"
416 df_ceres[df_ceres == "2011 3"] <- "2011"
417 df_ceres[df_ceres == "2011 4"] <- "2011"
418 df_ceres[df_ceres == "2011 5"] <- "2011"
419 df_ceres[df_ceres == "2011 6"] <- "2011"
420 df_ceres[df_ceres == "2011 7"] <- "2011"
421 df_ceres[df_ceres == "2011 8"] <- "2011"
422 df_ceres[df_ceres == "2011 9"] <- "2011"
423 df_ceres[df_ceres == "1/2011 "] <- "2011"
424 df_ceres[df_ceres == "2/2011 "] <- "2011"
425 df_ceres[df_ceres == "3/2011 "] <- "2011"
426 df_ceres[df_ceres == "4/2011 "] <- "2011"
427 df_ceres[df_ceres == "5/2011 "] <- "2011"
428 df_ceres[df_ceres == "6/2011 "] <- "2011"
429 df_ceres[df_ceres == "7/2011 "] <- "2011"
430 df_ceres[df_ceres == "8/2011 "] <- "2011"
431 df_ceres[df_ceres == "9/2011 "] <- "2011"
432 df_ceres[df_ceres == " 2012"] <- "2012"
433 df_ceres[df_ceres == " 2012"] <- "2012"
434 df_ceres[df_ceres == "/2012"] <- "2012"
435 df_ceres[df_ceres == " /2012"] <- "2012"
436 df_ceres[df_ceres == "/2012 "] <- "2012"
437 df_ceres[df_ceres == "0/2012"] <- "2012"

```

```

438 df_ceres[df_ceres == "1/2012"] <- "2012"
439 df_ceres[df_ceres == "2/2012"] <- "2012"
440 df_ceres[df_ceres == "3/2012"] <- "2012"
441 df_ceres[df_ceres == "4/2012"] <- "2012"
442 df_ceres[df_ceres == "5/2012"] <- "2012"
443 df_ceres[df_ceres == "6/2012"] <- "2012"
444 df_ceres[df_ceres == "7/2012"] <- "2012"
445 df_ceres[df_ceres == "8/2012"] <- "2012"
446 df_ceres[df_ceres == "9/2012"] <- "2012"
447 df_ceres[df_ceres == "2012 "] <- "2012"
448 df_ceres[df_ceres == "2012 0"] <- "2012"
449 df_ceres[df_ceres == "2012 1"] <- "2012"
450 df_ceres[df_ceres == "2012 2"] <- "2012"
451 df_ceres[df_ceres == "2012 3"] <- "2012"
452 df_ceres[df_ceres == "2012 4"] <- "2012"
453 df_ceres[df_ceres == "2012 5"] <- "2012"
454 df_ceres[df_ceres == "2012 6"] <- "2012"
455 df_ceres[df_ceres == "2012 7"] <- "2012"
456 df_ceres[df_ceres == "2012 8"] <- "2012"
457 df_ceres[df_ceres == "2012 9"] <- "2012"
458 df_ceres[df_ceres == "1/2012 "] <- "2012"
459 df_ceres[df_ceres == "2/2012 "] <- "2012"
460 df_ceres[df_ceres == "3/2012 "] <- "2012"
461 df_ceres[df_ceres == "4/2012 "] <- "2012"
462 df_ceres[df_ceres == "5/2012 "] <- "2012"
463 df_ceres[df_ceres == "6/2012 "] <- "2012"
464 df_ceres[df_ceres == "7/2012 "] <- "2012"
465 df_ceres[df_ceres == "8/2012 "] <- "2012"
466 df_ceres[df_ceres == "9/2012 "] <- "2012"
467 df_ceres[df_ceres == " 2013"] <- "2013"
468 df_ceres[df_ceres == " 2013"] <- "2013"
469 df_ceres[df_ceres == "/2013"] <- "2013"
470 df_ceres[df_ceres == " /2013"] <- "2013"
471 df_ceres[df_ceres == "/2013 "] <- "2013"
472 df_ceres[df_ceres == "0/2013"] <- "2013"
473 df_ceres[df_ceres == "1/2013"] <- "2013"
474 df_ceres[df_ceres == "2/2013"] <- "2013"
475 df_ceres[df_ceres == "3/2013"] <- "2013"
476 df_ceres[df_ceres == "4/2013"] <- "2013"
477 df_ceres[df_ceres == "5/2013"] <- "2013"
478 df_ceres[df_ceres == "6/2013"] <- "2013"
479 df_ceres[df_ceres == "7/2013"] <- "2013"
480 df_ceres[df_ceres == "8/2013"] <- "2013"
481 df_ceres[df_ceres == "9/2013"] <- "2013"
482 df_ceres[df_ceres == "2013 "] <- "2013"
483 df_ceres[df_ceres == "2013 0"] <- "2013"
484 df_ceres[df_ceres == "2013 1"] <- "2013"
485 df_ceres[df_ceres == "2013 2"] <- "2013"
486 df_ceres[df_ceres == "2013 3"] <- "2013"

```

```

487 df_ceres[df_ceres == "2013 4"] <- "2013"
488 df_ceres[df_ceres == "2013 5"] <- "2013"
489 df_ceres[df_ceres == "2013 6"] <- "2013"
490 df_ceres[df_ceres == "2013 7"] <- "2013"
491 df_ceres[df_ceres == "2013 8"] <- "2013"
492 df_ceres[df_ceres == "2013 9"] <- "2013"
493 df_ceres[df_ceres == "1/2013 "] <- "2013"
494 df_ceres[df_ceres == "2/2013 "] <- "2013"
495 df_ceres[df_ceres == "3/2013 "] <- "2013"
496 df_ceres[df_ceres == "4/2013 "] <- "2013"
497 df_ceres[df_ceres == "5/2013 "] <- "2013"
498 df_ceres[df_ceres == "6/2013 "] <- "2013"
499 df_ceres[df_ceres == "7/2013 "] <- "2013"
500 df_ceres[df_ceres == "8/2013 "] <- "2013"
501 df_ceres[df_ceres == "9/2013 "] <- "2013"
502 df_ceres[df_ceres == " 2014"] <- "2014"
503 df_ceres[df_ceres == " 2014"] <- "2014"
504 df_ceres[df_ceres == "/2014"] <- "2014"
505 df_ceres[df_ceres == " /2014"] <- "2014"
506 df_ceres[df_ceres == "/2014 "] <- "2014"
507 df_ceres[df_ceres == "0/2014"] <- "2014"
508 df_ceres[df_ceres == "1/2014"] <- "2014"
509 df_ceres[df_ceres == "2/2014"] <- "2014"
510 df_ceres[df_ceres == "3/2014"] <- "2014"
511 df_ceres[df_ceres == "4/2014"] <- "2014"
512 df_ceres[df_ceres == "5/2014"] <- "2014"
513 df_ceres[df_ceres == "6/2014"] <- "2014"
514 df_ceres[df_ceres == "7/2014"] <- "2014"
515 df_ceres[df_ceres == "8/2014"] <- "2014"
516 df_ceres[df_ceres == "9/2014"] <- "2014"
517 df_ceres[df_ceres == "2014 "] <- "2014"
518 df_ceres[df_ceres == "2014 0"] <- "2014"
519 df_ceres[df_ceres == "2014 1"] <- "2014"
520 df_ceres[df_ceres == "2014 2"] <- "2014"
521 df_ceres[df_ceres == "2014 3"] <- "2014"
522 df_ceres[df_ceres == "2014 4"] <- "2014"
523 df_ceres[df_ceres == "2014 5"] <- "2014"
524 df_ceres[df_ceres == "2014 6"] <- "2014"
525 df_ceres[df_ceres == "2014 7"] <- "2014"
526 df_ceres[df_ceres == "2014 8"] <- "2014"
527 df_ceres[df_ceres == "2014 9"] <- "2014"
528 df_ceres[df_ceres == "1/2014 "] <- "2014"
529 df_ceres[df_ceres == "2/2014 "] <- "2014"
530 df_ceres[df_ceres == "3/2014 "] <- "2014"
531 df_ceres[df_ceres == "4/2014 "] <- "2014"
532 df_ceres[df_ceres == "5/2014 "] <- "2014"
533 df_ceres[df_ceres == "6/2014 "] <- "2014"
534 df_ceres[df_ceres == "7/2014 "] <- "2014"
535 df_ceres[df_ceres == "8/2014 "] <- "2014"

```

```

536 df_ceres[df_ceres == "9/2014 "] <- "2014"
537 df_ceres[df_ceres == " 2015"] <- "2015"
538 df_ceres[df_ceres == " 2015"] <- "2015"
539 df_ceres[df_ceres == "/2015"] <- "2015"
540 df_ceres[df_ceres == " /2015"] <- "2015"
541 df_ceres[df_ceres == "/2015 "] <- "2015"
542 df_ceres[df_ceres == "0/2015"] <- "2015"
543 df_ceres[df_ceres == "1/2015"] <- "2015"
544 df_ceres[df_ceres == "2/2015"] <- "2015"
545 df_ceres[df_ceres == "3/2015"] <- "2015"
546 df_ceres[df_ceres == "4/2015"] <- "2015"
547 df_ceres[df_ceres == "5/2015"] <- "2015"
548 df_ceres[df_ceres == "6/2015"] <- "2015"
549 df_ceres[df_ceres == "7/2015"] <- "2015"
550 df_ceres[df_ceres == "8/2015"] <- "2015"
551 df_ceres[df_ceres == "9/2015"] <- "2015"
552 df_ceres[df_ceres == "2015 "] <- "2015"
553 df_ceres[df_ceres == "2015 0"] <- "2015"
554 df_ceres[df_ceres == "2015 1"] <- "2015"
555 df_ceres[df_ceres == "2015 2"] <- "2015"
556 df_ceres[df_ceres == "2015 3"] <- "2015"
557 df_ceres[df_ceres == "2015 4"] <- "2015"
558 df_ceres[df_ceres == "2015 5"] <- "2015"
559 df_ceres[df_ceres == "2015 6"] <- "2015"
560 df_ceres[df_ceres == "2015 7"] <- "2015"
561 df_ceres[df_ceres == "2015 8"] <- "2015"
562 df_ceres[df_ceres == "2015 9"] <- "2015"
563 df_ceres[df_ceres == "1/2015 "] <- "2015"
564 df_ceres[df_ceres == "2/2015 "] <- "2015"
565 df_ceres[df_ceres == "3/2015 "] <- "2015"
566 df_ceres[df_ceres == "4/2015 "] <- "2015"
567 df_ceres[df_ceres == "5/2015 "] <- "2015"
568 df_ceres[df_ceres == "6/2015 "] <- "2015"
569 df_ceres[df_ceres == "7/2015 "] <- "2015"
570 df_ceres[df_ceres == "8/2015 "] <- "2015"
571 df_ceres[df_ceres == "9/2015 "] <- "2015"
572 df_ceres[df_ceres == " 2016"] <- "2016"
573 df_ceres[df_ceres == " 2016"] <- "2016"
574 df_ceres[df_ceres == "/2016"] <- "2016"
575 df_ceres[df_ceres == " /2016"] <- "2016"
576 df_ceres[df_ceres == "/2016 "] <- "2016"
577 df_ceres[df_ceres == "0/2016"] <- "2016"
578 df_ceres[df_ceres == "1/2016"] <- "2016"
579 df_ceres[df_ceres == "2/2016"] <- "2016"
580 df_ceres[df_ceres == "3/2016"] <- "2016"
581 df_ceres[df_ceres == "4/2016"] <- "2016"
582 df_ceres[df_ceres == "5/2016"] <- "2016"
583 df_ceres[df_ceres == "6/2016"] <- "2016"
584 df_ceres[df_ceres == "7/2016"] <- "2016"

```

```

585 df_ceres[df_ceres == "8/2016"] <- "2016"
586 df_ceres[df_ceres == "9/2016"] <- "2016"
587 df_ceres[df_ceres == "2016 "] <- "2016"
588 df_ceres[df_ceres == "2016 0"] <- "2016"
589 df_ceres[df_ceres == "2016 1"] <- "2016"
590 df_ceres[df_ceres == "2016 2"] <- "2016"
591 df_ceres[df_ceres == "2016 3"] <- "2016"
592 df_ceres[df_ceres == "2016 4"] <- "2016"
593 df_ceres[df_ceres == "2016 5"] <- "2016"
594 df_ceres[df_ceres == "2016 6"] <- "2016"
595 df_ceres[df_ceres == "2016 7"] <- "2016"
596 df_ceres[df_ceres == "2016 8"] <- "2016"
597 df_ceres[df_ceres == "2016 9"] <- "2016"
598 df_ceres[df_ceres == "1/2016 "] <- "2016"
599 df_ceres[df_ceres == "2/2016 "] <- "2016"
600 df_ceres[df_ceres == "3/2016 "] <- "2016"
601 df_ceres[df_ceres == "4/2016 "] <- "2016"
602 df_ceres[df_ceres == "5/2016 "] <- "2016"
603 df_ceres[df_ceres == "6/2016 "] <- "2016"
604 df_ceres[df_ceres == "7/2016 "] <- "2016"
605 df_ceres[df_ceres == "8/2016 "] <- "2016"
606 df_ceres[df_ceres == "9/2016 "] <- "2016"
607 df_ceres[df_ceres == " 2017"] <- "2017"
608 df_ceres[df_ceres == " 2017"] <- "2017"
609 df_ceres[df_ceres == "/2017"] <- "2017"
610 df_ceres[df_ceres == " /2017"] <- "2017"
611 df_ceres[df_ceres == "/2017 "] <- "2017"
612 df_ceres[df_ceres == "0/2017"] <- "2017"
613 df_ceres[df_ceres == "1/2017"] <- "2017"
614 df_ceres[df_ceres == "2/2017"] <- "2017"
615 df_ceres[df_ceres == "3/2017"] <- "2017"
616 df_ceres[df_ceres == "4/2017"] <- "2017"
617 df_ceres[df_ceres == "5/2017"] <- "2017"
618 df_ceres[df_ceres == "6/2017"] <- "2017"
619 df_ceres[df_ceres == "7/2017"] <- "2017"
620 df_ceres[df_ceres == "8/2017"] <- "2017"
621 df_ceres[df_ceres == "9/2017"] <- "2017"
622 df_ceres[df_ceres == "2017 "] <- "2017"
623 df_ceres[df_ceres == "2017 0"] <- "2017"
624 df_ceres[df_ceres == "2017 1"] <- "2017"
625 df_ceres[df_ceres == "2017 2"] <- "2017"
626 df_ceres[df_ceres == "2017 3"] <- "2017"
627 df_ceres[df_ceres == "2017 4"] <- "2017"
628 df_ceres[df_ceres == "2017 5"] <- "2017"
629 df_ceres[df_ceres == "2017 6"] <- "2017"
630 df_ceres[df_ceres == "2017 7"] <- "2017"
631 df_ceres[df_ceres == "2017 8"] <- "2017"
632 df_ceres[df_ceres == "2017 9"] <- "2017"
633 df_ceres[df_ceres == "1/2017 "] <- "2017"

```

```

634 df_ceres[df_ceres == "2/2017 "] <- "2017"
635 df_ceres[df_ceres == "3/2017 "] <- "2017"
636 df_ceres[df_ceres == "4/2017 "] <- "2017"
637 df_ceres[df_ceres == "5/2017 "] <- "2017"
638 df_ceres[df_ceres == "6/2017 "] <- "2017"
639 df_ceres[df_ceres == "7/2017 "] <- "2017"
640 df_ceres[df_ceres == "8/2017 "] <- "2017"
641 df_ceres[df_ceres == "9/2017 "] <- "2017"
642 df_ceres[df_ceres == " 2018"] <- "2018"
643 df_ceres[df_ceres == " 2018"] <- "2018"
644 df_ceres[df_ceres == "/2018"] <- "2018"
645 df_ceres[df_ceres == " /2018"] <- "2018"
646 df_ceres[df_ceres == "/2018 "] <- "2018"
647 df_ceres[df_ceres == "0/2018"] <- "2018"
648 df_ceres[df_ceres == "1/2018"] <- "2018"
649 df_ceres[df_ceres == "2/2018"] <- "2018"
650 df_ceres[df_ceres == "3/2018"] <- "2018"
651 df_ceres[df_ceres == "4/2018"] <- "2018"
652 df_ceres[df_ceres == "5/2018"] <- "2018"
653 df_ceres[df_ceres == "6/2018"] <- "2018"
654 df_ceres[df_ceres == "7/2018"] <- "2018"
655 df_ceres[df_ceres == "8/2018"] <- "2018"
656 df_ceres[df_ceres == "9/2018"] <- "2018"
657 df_ceres[df_ceres == "2018 "] <- "2018"
658 df_ceres[df_ceres == "2018 0"] <- "2018"
659 df_ceres[df_ceres == "2018 1"] <- "2018"
660 df_ceres[df_ceres == "2018 2"] <- "2018"
661 df_ceres[df_ceres == "2018 3"] <- "2018"
662 df_ceres[df_ceres == "2018 4"] <- "2018"
663 df_ceres[df_ceres == "2018 5"] <- "2018"
664 df_ceres[df_ceres == "2018 6"] <- "2018"
665 df_ceres[df_ceres == "2018 7"] <- "2018"
666 df_ceres[df_ceres == "2018 8"] <- "2018"
667 df_ceres[df_ceres == "2018 9"] <- "2018"
668 df_ceres[df_ceres == "1/2018 "] <- "2018"
669 df_ceres[df_ceres == "2/2018 "] <- "2018"
670 df_ceres[df_ceres == "3/2018 "] <- "2018"
671 df_ceres[df_ceres == "4/2018 "] <- "2018"
672 df_ceres[df_ceres == "5/2018 "] <- "2018"
673 df_ceres[df_ceres == "6/2018 "] <- "2018"
674 df_ceres[df_ceres == "7/2018 "] <- "2018"
675 df_ceres[df_ceres == "8/2018 "] <- "2018"
676 df_ceres[df_ceres == "9/2018 "] <- "2018"
677 df_ceres[df_ceres == " 2019"] <- "2019"
678 df_ceres[df_ceres == " 2019"] <- "2019"
679 df_ceres[df_ceres == "/2019"] <- "2019"
680 df_ceres[df_ceres == " /2019"] <- "2019"
681 df_ceres[df_ceres == "/2019 "] <- "2019"
682 df_ceres[df_ceres == "0/2019"] <- "2019"

```

```

683 df_ceres[df_ceres == "1/2019"] <- "2019"
684 df_ceres[df_ceres == "2/2019"] <- "2019"
685 df_ceres[df_ceres == "3/2019"] <- "2019"
686 df_ceres[df_ceres == "4/2019"] <- "2019"
687 df_ceres[df_ceres == "5/2019"] <- "2019"
688 df_ceres[df_ceres == "6/2019"] <- "2019"
689 df_ceres[df_ceres == "7/2019"] <- "2019"
690 df_ceres[df_ceres == "8/2019"] <- "2019"
691 df_ceres[df_ceres == "9/2019"] <- "2019"
692 df_ceres[df_ceres == "2019 "] <- "2019"
693 df_ceres[df_ceres == "2019 0"] <- "2019"
694 df_ceres[df_ceres == "2019 1"] <- "2019"
695 df_ceres[df_ceres == "2019 2"] <- "2019"
696 df_ceres[df_ceres == "2019 3"] <- "2019"
697 df_ceres[df_ceres == "2019 4"] <- "2019"
698 df_ceres[df_ceres == "2019 5"] <- "2019"
699 df_ceres[df_ceres == "2019 6"] <- "2019"
700 df_ceres[df_ceres == "2019 7"] <- "2019"
701 df_ceres[df_ceres == "2019 8"] <- "2019"
702 df_ceres[df_ceres == "2019 9"] <- "2019"
703 df_ceres[df_ceres == "1/2019 "] <- "2019"
704 df_ceres[df_ceres == "2/2019 "] <- "2019"
705 df_ceres[df_ceres == "3/2019 "] <- "2019"
706 df_ceres[df_ceres == "4/2019 "] <- "2019"
707 df_ceres[df_ceres == "5/2019 "] <- "2019"
708 df_ceres[df_ceres == "6/2019 "] <- "2019"
709 df_ceres[df_ceres == "7/2019 "] <- "2019"
710 df_ceres[df_ceres == "8/2019 "] <- "2019"
711 df_ceres[df_ceres == "9/2019 "] <- "2019"
712 df_ceres[df_ceres == " 2020"] <- "2020"
713 df_ceres[df_ceres == " 2020"] <- "2020"
714 df_ceres[df_ceres == "/2020"] <- "2020"
715 df_ceres[df_ceres == " /2020"] <- "2020"
716 df_ceres[df_ceres == "/2020 "] <- "2020"
717 df_ceres[df_ceres == "0/2020"] <- "2020"
718 df_ceres[df_ceres == "1/2020"] <- "2020"
719 df_ceres[df_ceres == "2/2020"] <- "2020"
720 df_ceres[df_ceres == "3/2020"] <- "2020"
721 df_ceres[df_ceres == "4/2020"] <- "2020"
722 df_ceres[df_ceres == "5/2020"] <- "2020"
723 df_ceres[df_ceres == "6/2020"] <- "2020"
724 df_ceres[df_ceres == "7/2020"] <- "2020"
725 df_ceres[df_ceres == "8/2020"] <- "2020"
726 df_ceres[df_ceres == "9/2020"] <- "2020"
727 df_ceres[df_ceres == "2020 "] <- "2020"
728 df_ceres[df_ceres == "2020 0"] <- "2020"
729 df_ceres[df_ceres == "2020 1"] <- "2020"
730 df_ceres[df_ceres == "2020 2"] <- "2020"
731 df_ceres[df_ceres == "2020 3"] <- "2020"

```

```

732 df_ceres[df_ceres == "2020 4"] <- "2020"
733 df_ceres[df_ceres == "2020 5"] <- "2020"
734 df_ceres[df_ceres == "2020 6"] <- "2020"
735 df_ceres[df_ceres == "2020 7"] <- "2020"
736 df_ceres[df_ceres == "2020 8"] <- "2020"
737 df_ceres[df_ceres == "2020 9"] <- "2020"
738 df_ceres[df_ceres == "1/2020 "] <- "2020"
739 df_ceres[df_ceres == "2/2020 "] <- "2020"
740 df_ceres[df_ceres == "3/2020 "] <- "2020"
741 df_ceres[df_ceres == "4/2020 "] <- "2020"
742 df_ceres[df_ceres == "5/2020 "] <- "2020"
743 df_ceres[df_ceres == "6/2020 "] <- "2020"
744 df_ceres[df_ceres == "7/2020 "] <- "2020"
745 df_ceres[df_ceres == "8/2020 "] <- "2020"
746 df_ceres[df_ceres == "9/2020 "] <- "2020"
747 df_ceres[df_ceres == " 2021"] <- "2021"
748 df_ceres[df_ceres == " 2021"] <- "2021"
749 df_ceres[df_ceres == "/2021"] <- "2021"
750 df_ceres[df_ceres == " /2021"] <- "2021"
751 df_ceres[df_ceres == "/2021 "] <- "2021"
752 df_ceres[df_ceres == "0/2021"] <- "2021"
753 df_ceres[df_ceres == "1/2021"] <- "2021"
754 df_ceres[df_ceres == "2/2021"] <- "2021"
755 df_ceres[df_ceres == "3/2021"] <- "2021"
756 df_ceres[df_ceres == "4/2021"] <- "2021"
757 df_ceres[df_ceres == "5/2021"] <- "2021"
758 df_ceres[df_ceres == "6/2021"] <- "2021"
759 df_ceres[df_ceres == "7/2021"] <- "2021"
760 df_ceres[df_ceres == "8/2021"] <- "2021"
761 df_ceres[df_ceres == "9/2021"] <- "2021"
762 df_ceres[df_ceres == "2021 "] <- "2021"
763 df_ceres[df_ceres == "2021 0"] <- "2021"
764 df_ceres[df_ceres == "2021 1"] <- "2021"
765 df_ceres[df_ceres == "2021 2"] <- "2021"
766 df_ceres[df_ceres == "2021 3"] <- "2021"
767 df_ceres[df_ceres == "2021 4"] <- "2021"
768 df_ceres[df_ceres == "2021 5"] <- "2021"
769 df_ceres[df_ceres == "2021 6"] <- "2021"
770 df_ceres[df_ceres == "2021 7"] <- "2021"
771 df_ceres[df_ceres == "2021 8"] <- "2021"
772 df_ceres[df_ceres == "2021 9"] <- "2021"
773 df_ceres[df_ceres == "1/2021 "] <- "2021"
774 df_ceres[df_ceres == "2/2021 "] <- "2021"
775 df_ceres[df_ceres == "3/2021 "] <- "2021"
776 df_ceres[df_ceres == "4/2021 "] <- "2021"
777 df_ceres[df_ceres == "5/2021 "] <- "2021"
778 df_ceres[df_ceres == "6/2021 "] <- "2021"
779 df_ceres[df_ceres == "7/2021 "] <- "2021"
780 df_ceres[df_ceres == "8/2021 "] <- "2021"

```

```

781 df_ceres[df_ceres == "9/2021 "] <- "2021"
782 df_ceres[df_ceres == " 2022"] <- "2022"
783 df_ceres[df_ceres == " 2022"] <- "2022"
784 df_ceres[df_ceres == "/2022"] <- "2022"
785 df_ceres[df_ceres == " /2022"] <- "2022"
786 df_ceres[df_ceres == "/2022 "] <- "2022"
787 df_ceres[df_ceres == "0/2022"] <- "2022"
788 df_ceres[df_ceres == "1/2022"] <- "2022"
789 df_ceres[df_ceres == "2/2022"] <- "2022"
790 df_ceres[df_ceres == "3/2022"] <- "2022"
791 df_ceres[df_ceres == "4/2022"] <- "2022"
792 df_ceres[df_ceres == "5/2022"] <- "2022"
793 df_ceres[df_ceres == "6/2022"] <- "2022"
794 df_ceres[df_ceres == "7/2022"] <- "2022"
795 df_ceres[df_ceres == "8/2022"] <- "2022"
796 df_ceres[df_ceres == "9/2022"] <- "2022"
797 df_ceres[df_ceres == "2022 "] <- "2022"
798 df_ceres[df_ceres == "2022 0"] <- "2022"
799 df_ceres[df_ceres == "2022 1"] <- "2022"
800 df_ceres[df_ceres == "2022 2"] <- "2022"
801 df_ceres[df_ceres == "2022 3"] <- "2022"
802 df_ceres[df_ceres == "2022 4"] <- "2022"
803 df_ceres[df_ceres == "2022 5"] <- "2022"
804 df_ceres[df_ceres == "2022 6"] <- "2022"
805 df_ceres[df_ceres == "2022 7"] <- "2022"
806 df_ceres[df_ceres == "2022 8"] <- "2022"
807 df_ceres[df_ceres == "2022 9"] <- "2022"
808 df_ceres[df_ceres == "1/2022 "] <- "2022"
809 df_ceres[df_ceres == "2/2022 "] <- "2022"
810 df_ceres[df_ceres == "3/2022 "] <- "2022"
811 df_ceres[df_ceres == "4/2022 "] <- "2022"
812 df_ceres[df_ceres == "5/2022 "] <- "2022"
813 df_ceres[df_ceres == "6/2022 "] <- "2022"
814 df_ceres[df_ceres == "7/2022 "] <- "2022"
815 df_ceres[df_ceres == "8/2022 "] <- "2022"
816 df_ceres[df_ceres == "9/2022 "] <- "2022"
817 df_ceres[df_ceres == " 2023"] <- "2023"
818 df_ceres[df_ceres == " 2023"] <- "2023"
819 df_ceres[df_ceres == "/2023"] <- "2023"
820 df_ceres[df_ceres == " /2023"] <- "2023"
821 df_ceres[df_ceres == "/2023 "] <- "2023"
822 df_ceres[df_ceres == "0/2023"] <- "2023"
823 df_ceres[df_ceres == "1/2023"] <- "2023"
824 df_ceres[df_ceres == "2/2023"] <- "2023"
825 df_ceres[df_ceres == "3/2023"] <- "2023"
826 df_ceres[df_ceres == "4/2023"] <- "2023"
827 df_ceres[df_ceres == "5/2023"] <- "2023"
828 df_ceres[df_ceres == "6/2023"] <- "2023"
829 df_ceres[df_ceres == "7/2023"] <- "2023"

```

```

830 df_ceres[df_ceres == "8/2023"] <- "2023"
831 df_ceres[df_ceres == "9/2023"] <- "2023"
832 df_ceres[df_ceres == "2023  "] <- "2023"
833 df_ceres[df_ceres == "2023 0"] <- "2023"
834 df_ceres[df_ceres == "2023 1"] <- "2023"
835 df_ceres[df_ceres == "2023 2"] <- "2023"
836 df_ceres[df_ceres == "2023 3"] <- "2023"
837 df_ceres[df_ceres == "2023 4"] <- "2023"
838 df_ceres[df_ceres == "2023 5"] <- "2023"
839 df_ceres[df_ceres == "2023 6"] <- "2023"
840 df_ceres[df_ceres == "2023 7"] <- "2023"
841 df_ceres[df_ceres == "2023 8"] <- "2023"
842 df_ceres[df_ceres == "2023 9"] <- "2023"
843 df_ceres[df_ceres == "1/2023  "] <- "2023"
844 df_ceres[df_ceres == "2/2023  "] <- "2023"
845 df_ceres[df_ceres == "3/2023  "] <- "2023"
846 df_ceres[df_ceres == "4/2023  "] <- "2023"
847 df_ceres[df_ceres == "5/2023  "] <- "2023"
848 df_ceres[df_ceres == "6/2023  "] <- "2023"
849 df_ceres[df_ceres == "7/2023  "] <- "2023"
850 df_ceres[df_ceres == "8/2023  "] <- "2023"
851 df_ceres[df_ceres == "9/2023  "] <- "2023"
852
853
854 ##### Définition des catégories pour calculer les probabilités
855 #####
856
857 ### Probabilité d'impacts ###
858
859 # Probabilité d'impact sur les personnes : diviser les données de la
860 colonne par 4, car 4 types de dangers
861 df_ceres$df.HEALTH_HAZARD <- as.numeric(df_ceres$df.HEALTH_HAZARD)
862 df_ceres$Ip <- df_ceres$df.HEALTH_HAZARD / 4
863 # Remplacer les NA par 0 dans la colonne
864 df_ceres$Ip [is.na(df_ceres$Ip )] <- 0
865 print(df_ceres)
866
867 # Probabilité d'impact sur les biens : diviser les données de la co-
868 lonne par 5, car 5 types de dangers
869 df_ceres$df.PHYSICAL_HAZARD <- as.numeric(df_ceres$df.PHYSICAL_HAZARD)
870 df_ceres$Ib <- df_ceres$df.PHYSICAL_HAZARD / 5
871 # Remplacer les NA par 0 dans la colonne
872 df_ceres$Ib [is.na(df_ceres$Ib )] <- 0
873 print(df_ceres)
874
875 # Probabilité d'impact sur l'environnement : il ne nécessite pas de di-
876 vision, car il n'y a qu'un pictogramme
877 df_ceres$df.ENVIRONMENTAL_HAZARD <- as.numeric(df_ceres$df.ENVIRONMEN-
878 TAL_HAZARD)

```

```

879 df_ceres$Ie <- df_ceres$df.ENVIRONMENTAL_HAZARD
880 # Remplacer les NA par 0 dans la colonne
881 df_ceres$Ie[is.na(df_ceres$Ie)] <- 0
882 print(df_ceres)
883
884 ### Probabilité d'occurrence ###
885
886 # Création d'un data frame avec les colonnes "Date" et "Lieu"
887 df_occurrences <- data.frame(Date = df_ceres$substr.df.CREAT-
888 EDTE..5..10.,
889                               Lieu = df_ceres$df.LOCATION_NAME)
890
891 # Calculer l'occurrence des dates par rapport aux lieux
892 occurrences <- table(df_occurrences$Lieu, df_occurrences$Date)
893
894 # Calculer la somme des occurrences par lieu
895 occurrences_par_lieu <- table(df_occurrences$Lieu)
896 print(occurrences_par_lieu)
897
898 # Définir les critères de classification
899 rare <- 1 # soit moins d'un incident tous les 10 ans
900 possible <- 3 # soit un incident tous les 5 ans
901 probable <- 9 # soit un incident tous les 2 ans
902 frequent <- 18 # soit au moins un incident par an
903
904 # Fonction de classification des occurrences en catégories (en fonction
905 des probabilités établies au sein de la méthodologie)
906 classify_category <- function(occurrence) {
907   if (occurrence <= rare) {
908     return("0.1")
909   } else if (occurrence <= possible) {
910     return("0.5")
911   } else if (occurrence <= probable) {
912     return("0.75")
913   } else {
914     return("0.9")
915   }
916 }
917
918 # Appliquer la classification aux occurrences par lieu
919 categories_lieu <- sapply(occurrences_par_lieu, classify_category)
920
921 # Créer un data frame avec les résultats de la classification par lieu
922 df_resultat <- data.frame(Lieu = names(occurrences_par_lieu), Catégorie
923 = categories_lieu)
924
925 # Afficher le data frame résultat
926 print(df_resultat)
927

```

```

928 # Convertir la colonne Catégorie en un format numérique
929 df_resultat$Catégorie <- as.numeric(df_resultat$Catégorie)
930
931 # Jointure
932 df_ceres$Lieu <- df_ceres$df.LOCATION_NAME
933 df_ceres_complet <- merge(df_ceres, df_resultat, by = "Lieu")
934 print(df_ceres_complet)
935
936 ##### Calcul des probabilités : application de l'indicateur de mesure
937 du risque #####
938 # Calcul du maximum des trois impacts
939 maximum_impacts <- data.frame(df_ceres_complet$Ip, df_ceres_complet$Ib,
940 df_ceres_complet$Ie)
941 df_ceres_complet$maximpacts <- apply(maximum_impacts, 1, max, na.rm =
942 TRUE)
943 # Formule de l'indicateur du risque :  $R = P * \text{MAX}(Ip ; Ib ; Ie)$ 
944 df_ceres_complet$indicateur_result_1 <- df_ceres_complet$Catégorie *
945 df_ceres_complet$maximpacts
946 print(df_ceres_complet)
947
948 # Définir les intervalles pour la classification
949 intervalles <- c(0, 0.33, 0.66, 1)
950
951 # Créer la classification basée sur les intervalles
952 df_ceres_complet$Classification <- cut(df_ceres_complet$indicateur_re-
953 sult_1, intervalles, labels = c("Risque faible", "Risque modéré",
  "Risque élevé"))

# Afficher le dataframe résultant
print(df_ceres_complet)

# Exporter le dataframe final au format CSV
write.csv(df_ceres_complet, file = "df_ceres_complet.csv", row.names =
FALSE)

```

Synthèse technique de la manière dont les données CERES ont été utilisées pour l'indicateur d'analyse du risque

Bien que l'outil ait été développé en 2020, une base de données de produits chimiques a été créée au CERN en 2005 puis progressivement intégrée à CERES. Il en résulte une amplitude de 17 ans, qui a permis d'appliquer les critères suivants : rare, pour une seule occurrence d'inventaire chimique ; probable pour trois occurrences ; possible pour 9 occurrences et enfin fréquent pour 18 occurrences. C'est la zone bleue encadrée par la figure ci-dessous. Pour rappel, ces probabilités sont basées sur la consultation d'expert au CERN. Ensuite, les pictogrammes qui sont intégrés au sein de CERES ont été utilisés pour évaluer l'impact : les dangers physiques pour les biens ; les dangers pour la santé pour l'humain et enfin les dangers pour l'environnement pour l'impact environnemental. L'avantage de cette approche est qu'elle peut être appliquée systématiquement à chaque inventaire chimique. En outre, certains dangers sont plus importants que d'autres, comme le danger chronique élevé parmi les dangers pour la santé. Par conséquent, des pondérations au sein des dangers pourraient être appliquées à l'avenir comme piste d'amélioration.

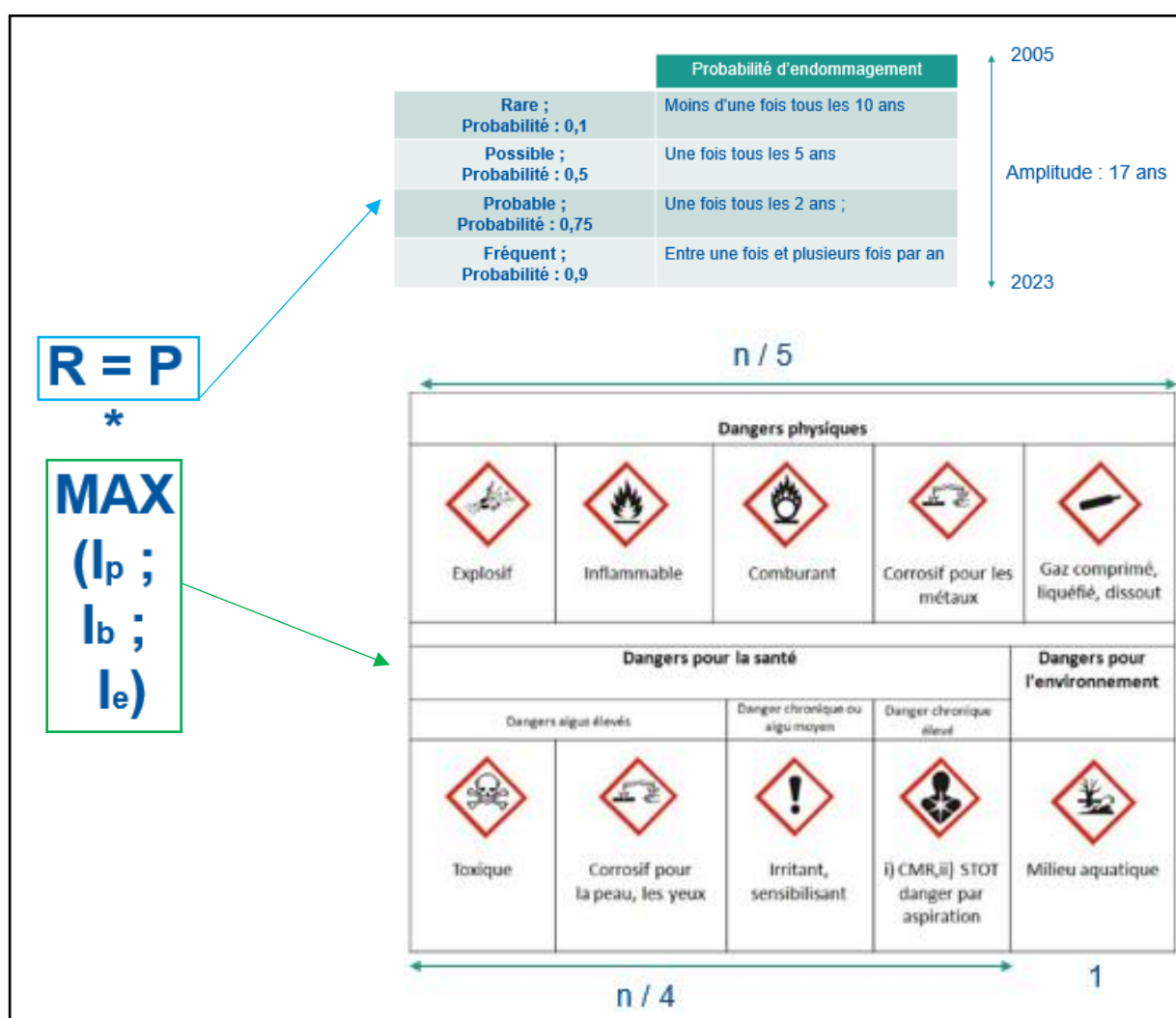


Figure 43 : Aide à l'interprétation de la manière dont les données ont été traitées par l'indicateur de mesure du risque

Processus d'intervention du Service Secours & Feu

Cette section permet de donner un cadre conceptuel aux processus d'intervention d'urgence du Service Secours & Feu. Pour aider à l'interprétation de la [fig. 44](#), elle sera décomposée de la lettre A à la lettre L. Il est inspiré d'un travail réalisé par Pierre Bonnal et Anastasiia Ovdienko, du Service Secours & Feu.

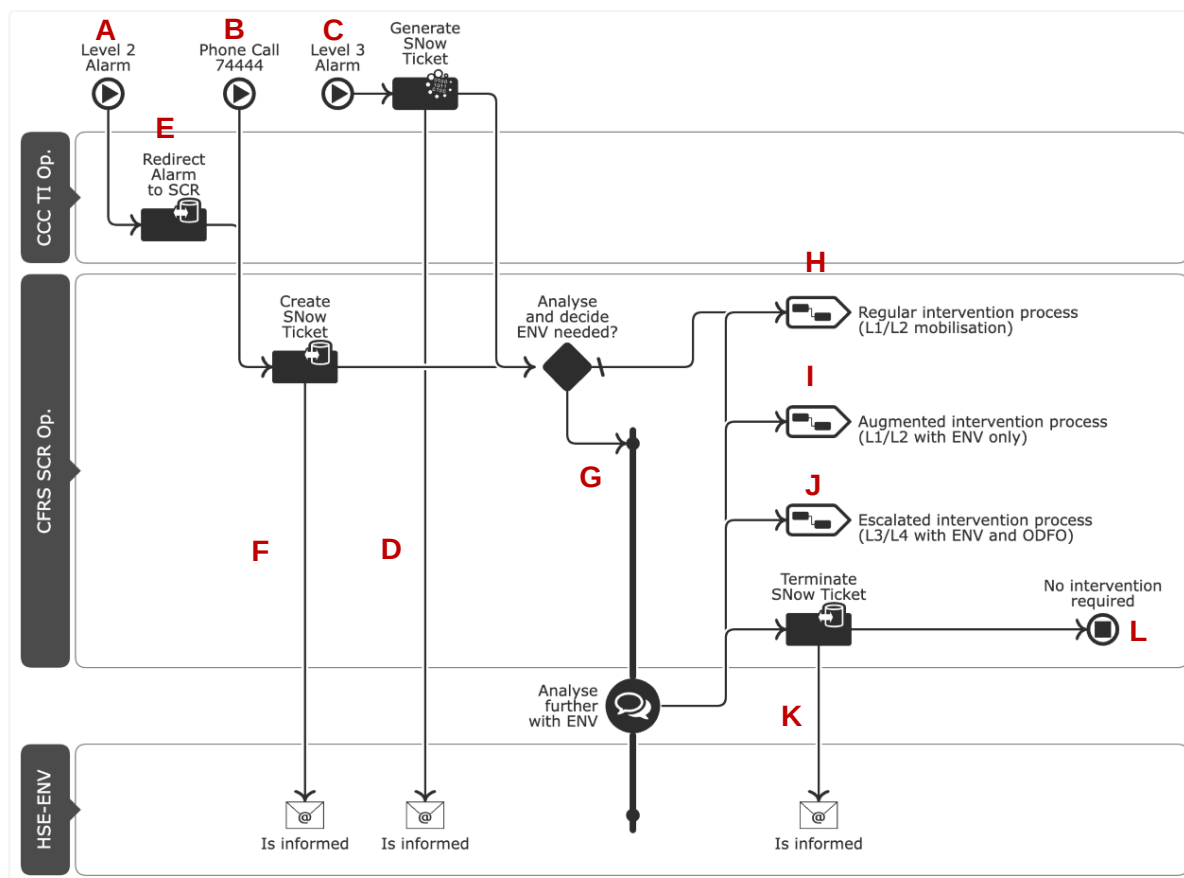


Figure 44 : réponse d'urgence de première ligne déclenchée par l'opérateur SCR. Auteur : Pierre Bonnal

A. Alarmes de niveau 2 : Au CERN, dans le cadre du travail au sein de la salle de contrôle des pompiers, une alarme est définie comme un événement qui nécessite l'attention et l'action d'un opérateur. Une alarme est dirigée vers un opérateur qui doit avoir une compréhension fondamentale de la disposition, des processus et des systèmes. Une alarme ne peut pas contenir toutes les informations nécessaires à une réponse appropriée. La compréhension des informations relatives à l'alarme repose sur des conventions communes à l'ensemble de l'organisation pour des éléments tels que l'identité et l'emplacement de l'équipement. Le GIS de l'Organisation permet de localiser l'objet et d'avoir les informations essentielles sur l'objet. Ensuite, d'autres outils permettent d'avoir des informations approfondies sur l'identité de l'équipement (outil de gestion, notamment).

B. Appel téléphonique (SCR) : Il est du devoir de toute personne travaillant au CERN d'appeler la SCR au moyen du 74444 pour une intervention d'urgence lorsqu'elle est témoin d'un incident, y compris tout incident ou accident évité de justesse qui pourrait avoir un impact sur l'environnement. L'opérateur pompier de la SCR lancera alors l'appel d'urgence au sein de la caserne, si les pompiers y sont, ou par communication radio le cas échéant.

C. Alarmes de niveau 3 : Les alarmes de niveau 3 sont d'abord signalées en centre de contrôle du CERN (CCC) et en SCR. Plusieurs domaines sont sous la surveillance permanente

de la CCC : la distribution d'électricité, la ventilation, les systèmes de sécurité, les composants des systèmes de contrôle, l'équipement cryogénique, les ascenseurs et l'équipement de manutention lourde sont des exemples. Une défaillance sur un domaine précisé ci-avant est signalée à l'opérateur de CCC soit par téléphone, soit sur un écran d'alarme.

D. Génération automatique d'un ticket SNOW : Lorsqu'une alarme de niveau 3 est déclenchée par des dispositifs de détection, un ticket SNOW est créé automatiquement dans le système et transmis à l'opérateur pompier (SCR). Lors de la génération automatique du ticket SNOW, le groupe environnement est informé de l'alarme de niveau 3.

E. SCR prévenue d'une alarme niveau 2 : Après l'analyse, si l'opérateur CCC le juge nécessaire, il peut rediriger l'alarme vers l'opérateur pompier en SCR en lançant un appel d'alerte de niveau 2 déclenché par le système et en fournissant des détails substantiels pour l'intervention des pompiers.

F. Création d'un ticket SNOW : L'opérateur pompier en SCR émet un ticket SNOW détaillant les informations communiquées (type d'alarme, localisation, description) à propos de l'alarme et/ou de l'appel reçu. Il est envoyé à une liste de diffusion, dont le service de la protection de l'environnement du CERN fait partie.

G. Prise de décision concernant l'appel du service de protection de l'environnement, ou non : Sur la base des informations reçues, l'opérateur pompier en SCR décide d'engager ou non le service de protection de l'environnement du CERN pour une consultation d'experts et une décision commune sur la procédure appropriée à suivre.

H. Intervention d'urgence régulière ([fig. 24](#)) : l'intervention est gérée par l'équipe de pompiers de garde.

I. Intervention d'urgence augmentée ([fig. 25](#)) : l'intervention implique plusieurs services de garde dont le service de protection de l'environnement.

J. Intervention d'urgence intensifiée ([fig. 26](#)) : l'intervention implique les services de garde et l'officier pompier de garde (ODFO) qui peut demander l'activation de l'équipe de gestion de crise du CERN.

K. Fermeture du ticket SNOW : À l'issue d'une discussion commune et d'une évaluation de l'intervention, l'opérateur pompier en SCR met fin au ticket SNOW dans le système. Si, au cours des discussions de coordination entre l'opérateur de la SCR et de l'équipe de l'environnement, la décision a été prise de mettre fin au ticket SNOW, les personnes de la liste de surveillance du groupe HSE-ENV sont informées en conséquence.

L. Processus terminé : Le processus actuel de réponse d'urgence de première ligne déclenchée par l'opérateur SCR peut être considéré comme achevé à l'issue de l'ensemble de ces éléments.

Formulaire SNOW pour l'élaboration de plans d'évacuation

Evacuation plan request / Demande de plan d'évacuation ⓘ
☆

```

graph TD
    1["1. Need  
• Having an evacuation plan"] --> 2["2. Request  
• It must be done on CERN Service Portal  
• Predefined criteria on the form allow for the correct implementation and monitoring of the following steps"]
    2 --> 3["3. Diagnosis & Editing  
• Identification of risks and opportunities with TSO  
• Adding information to Field Maps via a tablet"]
    3 --> 5["5. Mapping  
• Evacuation routes in ArcGIS Pro (CFRS)"]
    5 --> 6["6. Adjustments & Validations  
• Filing of the document on EDMS (CFRS)  
• Note(s) from the TSO  
• If TSO comments: adjustments then validation"]
    6 --> 7["7. Released notification on EDMS  
• Printing by the TSO"]
    7 --> 1

```

With this form, you ask the Fire and Rescue service to draw up a discharge plan

If you have any additional information to that required by this form, please mention it and/or attach the relevant files to the form.

For information, after sending this form, the TSO of the concerned building will be notified in order to organize a visit.

Open on behalf of this user

ⓘ
Jules Paul Roger Grandvillemin
✕
▼

Select below as many as evacuation plan needed for your building

Add
Remove All

Actions	Location	Building TSO	Priority	Justification of your priority level
No data to display				

Watch list - Who else should be notified of your ticket progress? ⓘ

abc@abc.com, def@def.com...

Add email

Add attachments

Submit

Figure 47 : formulaire SNOW pour les plans d'évacuation. Il décrit le processus, de façon synthétique, puis les auteurs de la requête peuvent ajouter les bâtiments et les informations complémentaires, via le bouton 'Add'.

Localisation des plans d'évacuations

Voici un le *Template* qui permet de créer un plan localisant les plans d'évacuations sur GIS :

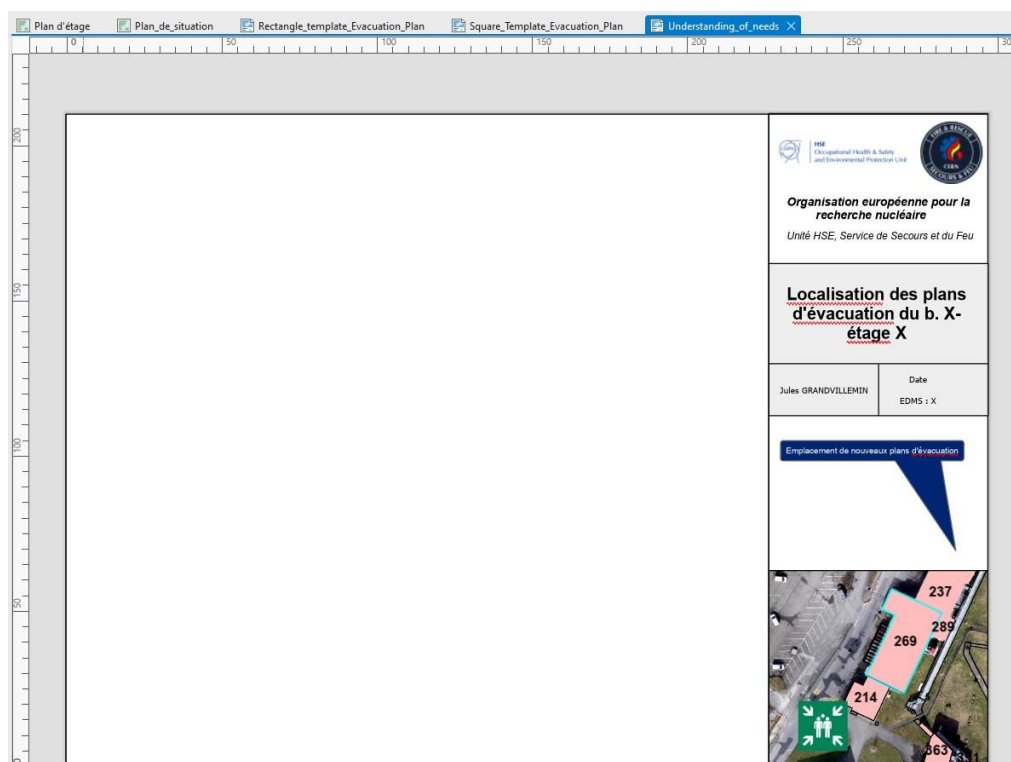


Figure 48 : Mise en page ArcGIS pour créer des plans qui localisent les futurs plans d'évacuations

Voici un exemple de plan qui localise les plans d'évacuations des bâtiments 150 et 354 :

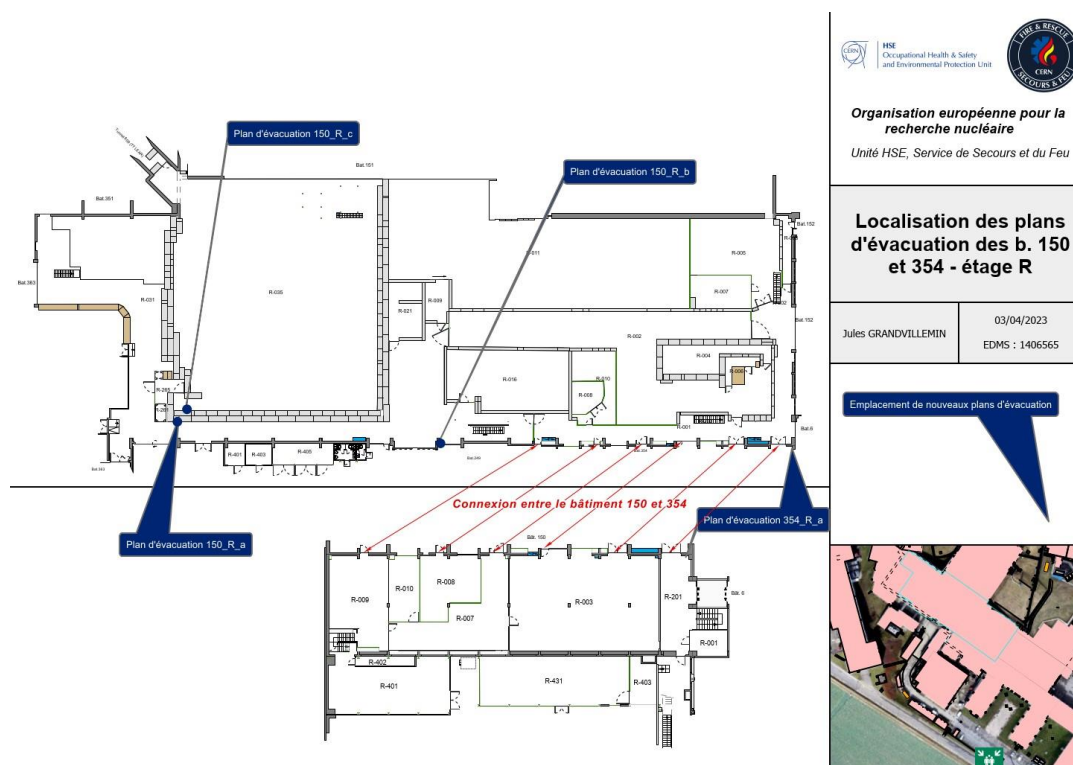


Figure 49 : Exemple de plan qui localisent les plans d'évacuations des bâtiments 150 et 354 du CERN

Templates permettant l'élaboration des plans d'évacuation sur GIS



Figure 50 : premier exemple de mise en page ArcGIS Pro permettant l'élaboration d'un plan d'évacuation. Forme de l'objet géographique représenté : rectangulaire.

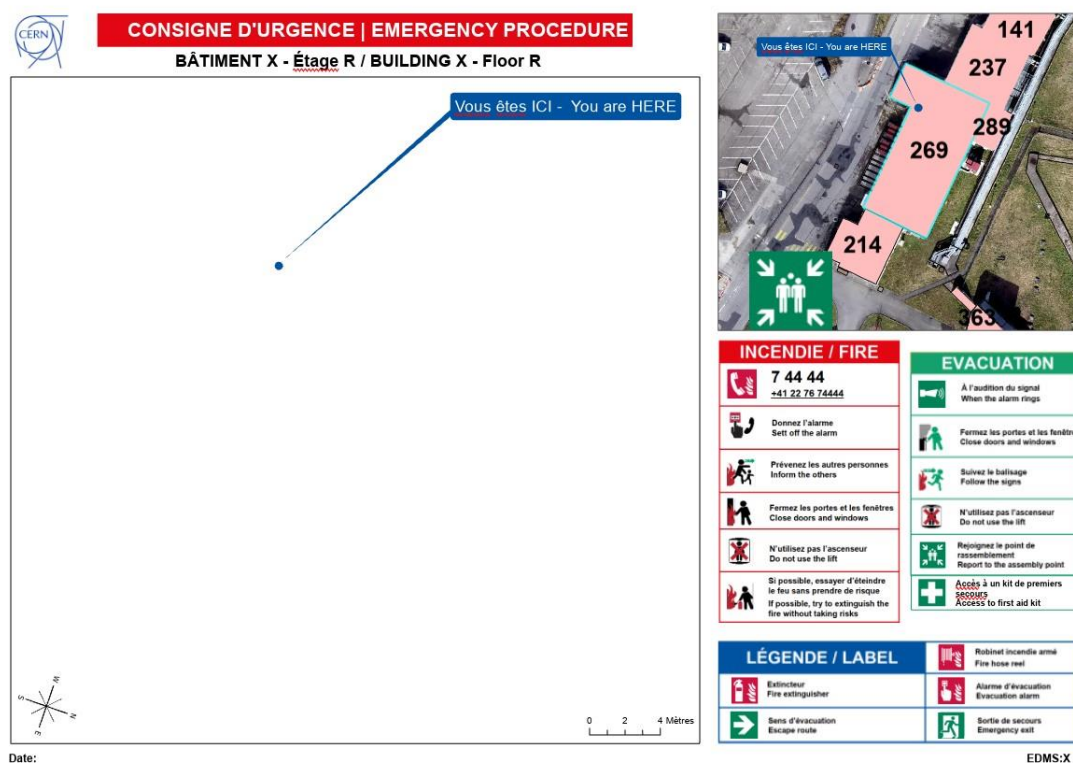


Figure 51 : deuxième exemple de mise en page ArcGIS Pro permettant l'élaboration d'un plan d'évacuation. Forme de l'objet géographique représenté : rectangulaire.

Exemple de livrable concernant le plan d'évacuation du bâtiment 150 du CERN

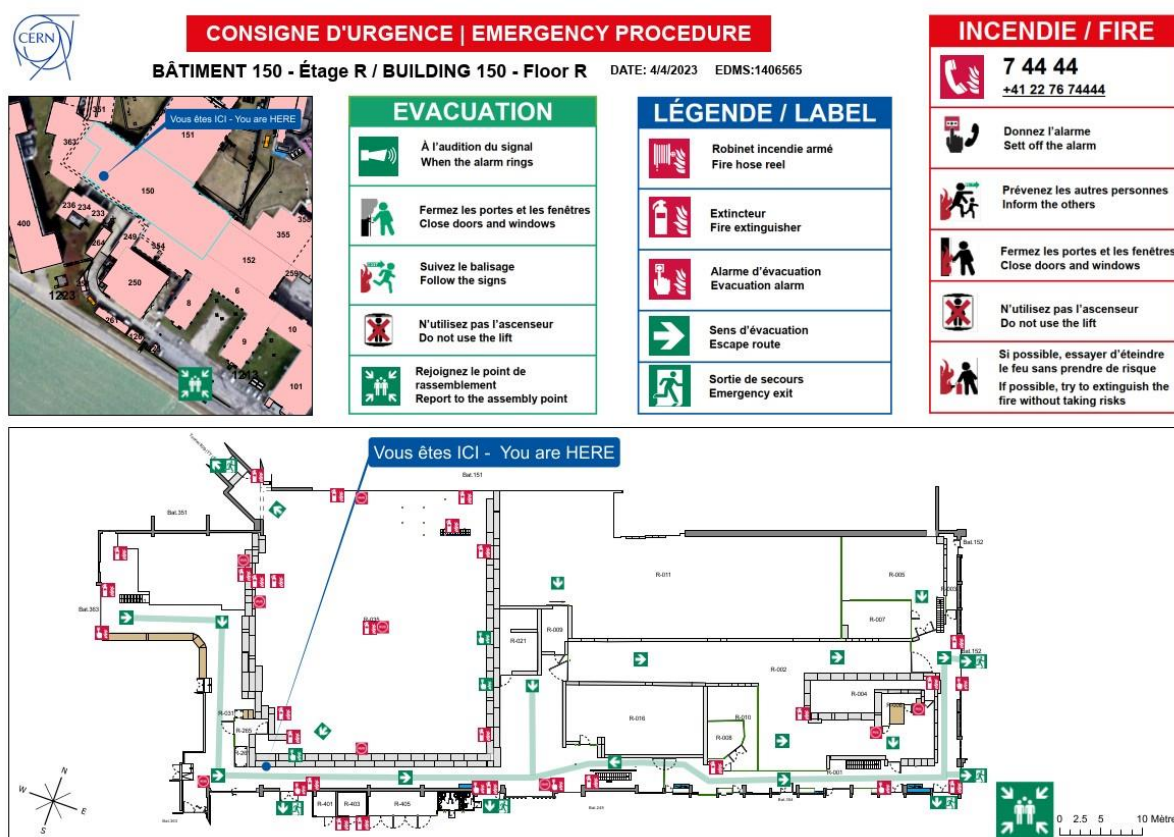


Figure 52 : Plan d'évacuation du bâtiment 150 du CERN

Le bâtiment 150 accueille l'ancienne expérience *LEIR* et sert de stockage de matériels. Les photos ci-après illustrent cela :

Photographies du bâtiment 150 et de l'expérience LEIR



Figure 53 : vue de l'entrée principale du bâtiment 150. Auteur : Jules Grandvillemin



Figure 54 : Vue de l'expérience LEIR. Auteur : Jules Grandvillemin

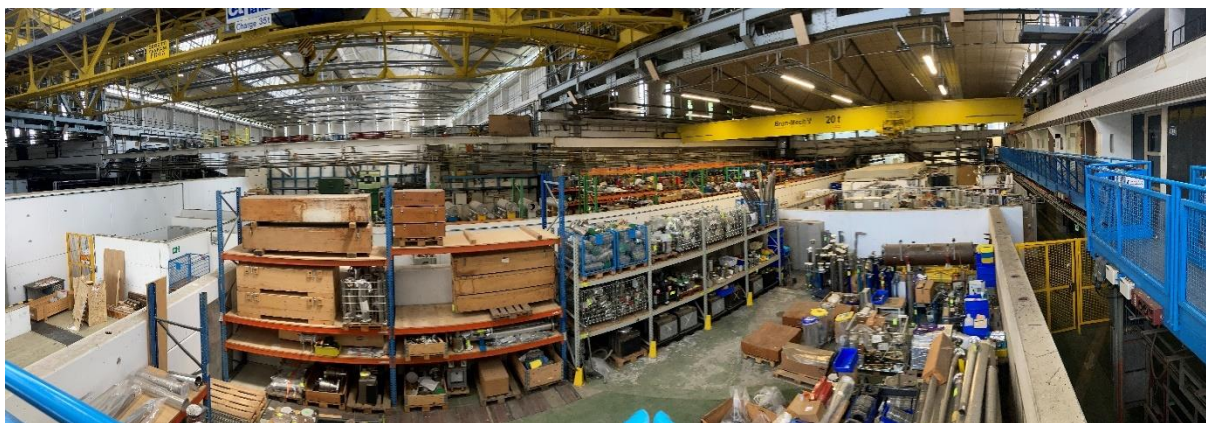


Figure 55 : vue panoramique des espaces de stockages du bâtiment 150. Auteur : Jules Grandvillemin



Figure 56 : vue panoramique de l'ensemble du bâtiment 150. Auteur : Jules Grandvillemin

Formations : fiches pédagogiques

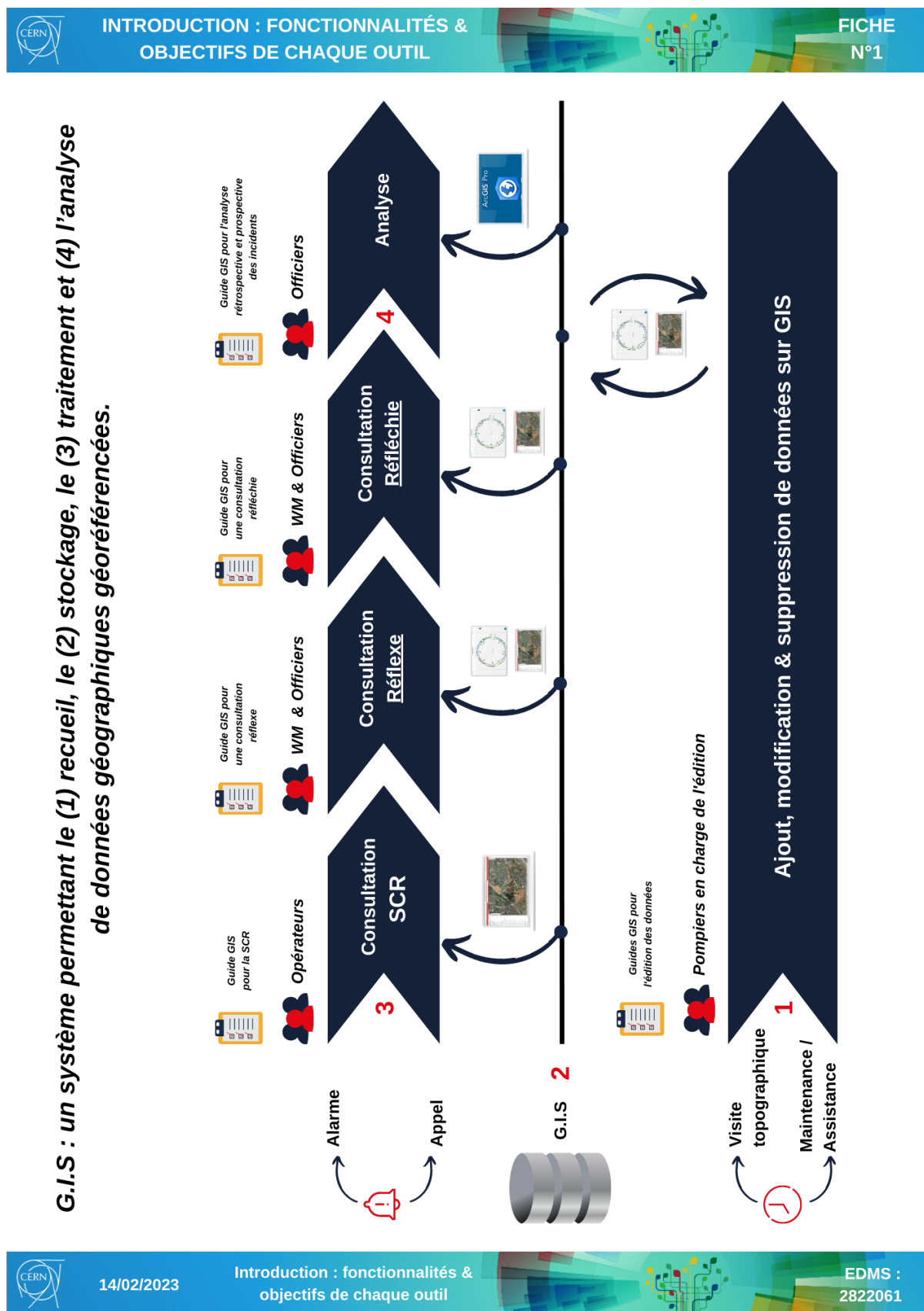
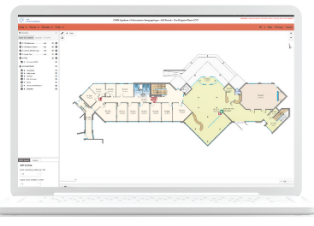
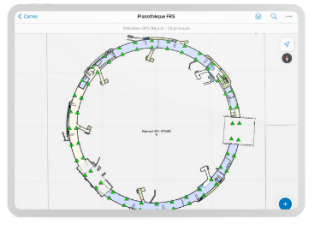


Figure 57 : fiche pédagogique n°1, recto

INTRODUCTION : FONCTIONNALITÉS & OBJECTIFS DE CHAQUE OUTIL		FICHE N°1	
	DISPONIBILITÉS	FONCTIONNALITÉS	OBJECTIFS
CERN GIS Portal - Fire & Rescue Service 	• Online	Connaissance territoriale : • Barre de recherche • Zoom (vue aérienne et sous-terrain) ; • Vue en 3 dimensions Inventaire des données : • Table des matières ; • Table attributaire (détail des données). Création de formes géométriques & mesures spatiales Exportation d'informations	Aide à la décision pour : • La consultation en SCR ; • La consultation réflexe ; • Et la consultation réfléchie. Apprentissage : permet d'accroître sa connaissance du terrain
CERN GIS Portal - Fire Brigade Site EDIT 	• Online	Connaissance territoriale axée sur la vue aérienne : • Barre de recherche • Zoom (vue aérienne et sous-terrain) ; • Vue en 3 dimensions. Inventaire des données : • Table des matières ; • Table attributaire (détail des données). Création de formes géométriques, mesures spatiales et édition (ajout, suppression et modification des données en vue aérienne) Exportation d'informations ciblées	Aide à la décision ciblée sur vue aérienne pour : • La consultation en SCR ; • La consultation réflexe ; • Et la consultation réfléchie. Apprentissage axé sur une vue aérienne : permet d'accroître sa connaissance du terrain Éditer et maintenir les données à jour
CERN GIS Portal - Fire Brigade Plano EDIT 	• Online	Connaissance territoriale axée sur les bâtiments du CERN : • Barre de recherche • Zoom Inventaire des données : • Table des matières ; • Table attributaire (détail des données). Création de formes géométriques, mesures spatiales et édition (ajout, suppression et modification des données pour les bâtiments) Exportation d'informations ciblées	Aide à la décision ciblée sur les bâtiments pour : • La consultation en SCR ; • La consultation réflexe ; • Et la consultation réfléchie. Apprentissage axé sur les bâtiments : permet d'accroître sa connaissance du terrain Éditer et maintenir les données à jour
FB Site Edit 	• Online & Offline • Cartographie embarquée	Connaissance territoriale axée sur la vue aérienne : • Barre de recherche • Zoom (vue aérienne et sous-terrain) ; Inventaire des données : • Table des matières ; Édition (ajout, suppression et modification des données en vue aérienne)	Aide à la décision ciblée sur vue aérienne pour : • La consultation réflexe ; • Et la consultation réfléchie. Apprentissage axé sur une vue aérienne : permet d'accroître sa connaissance du terrain Éditer et maintenir les données à jour
FB Plano Edit 	• Online & Offline • Cartographie embarquée	Connaissance territoriale axée sur la vue des bâtiments : • Barre de recherche ; • Zoom Inventaire des données : • Table des matières ; Édition (ajout, suppression et modification des données axé sur les bâtiments)	Aide à la décision ciblée sur les bâtiments pour : • La consultation réflexe ; • Et la consultation réfléchie. Apprentissage axé sur les bâtiments : permet d'accroître sa connaissance du terrain Éditer et maintenir les données à jour



14/02/2023

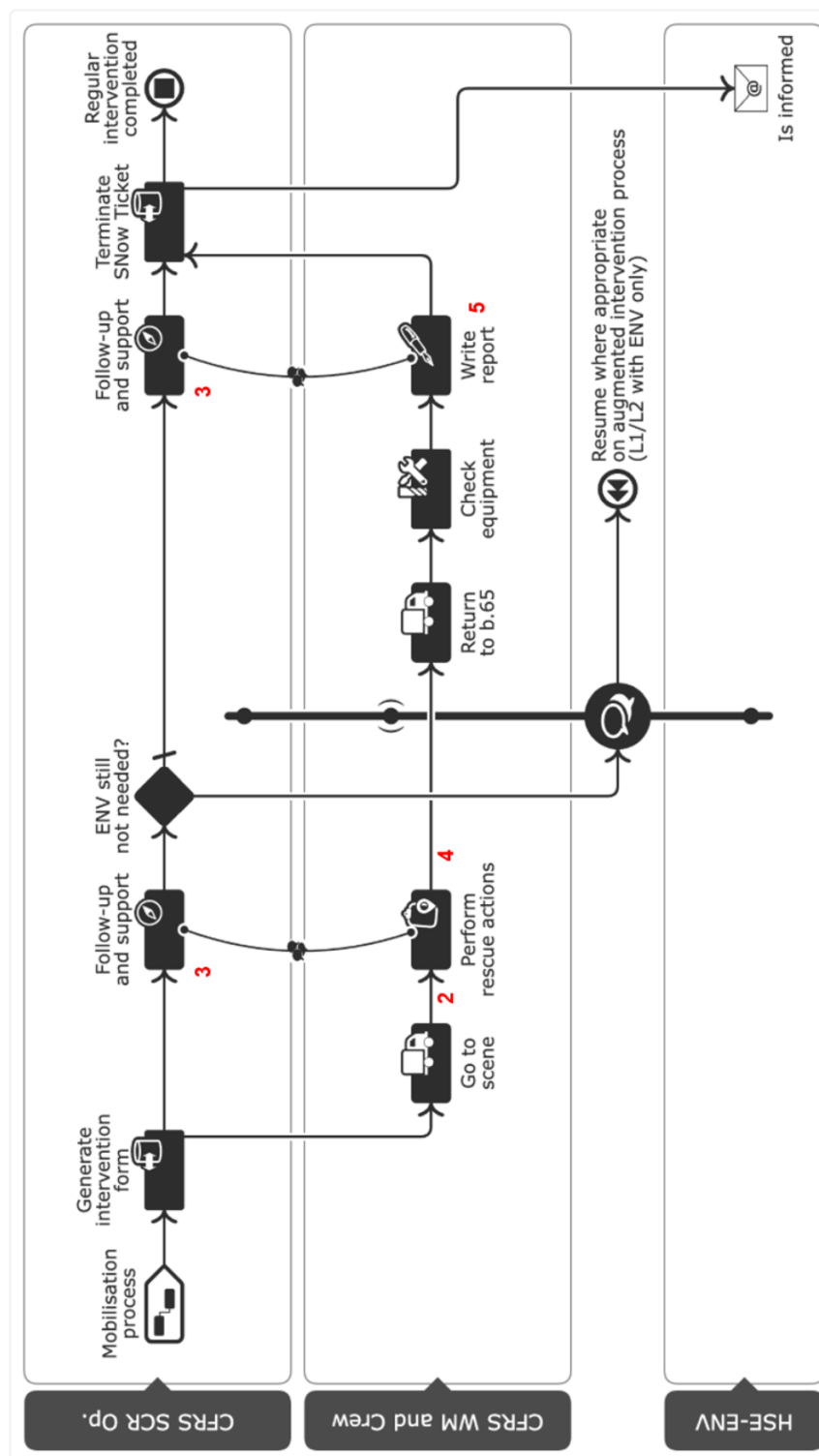
Introduction : fonctionnalités & objectifs de chaque outil

EDMS :
2822061

Figure 58 : fiche pédagogique n°1, verso



L'aide à la décision de GIS lors d'une intervention pour des enjeux environnementaux



21/02/2023

Application pratique : exercices
et recommandationsEDMS :
2823609

Figure 59 : fiche pédagogique n°2, recto



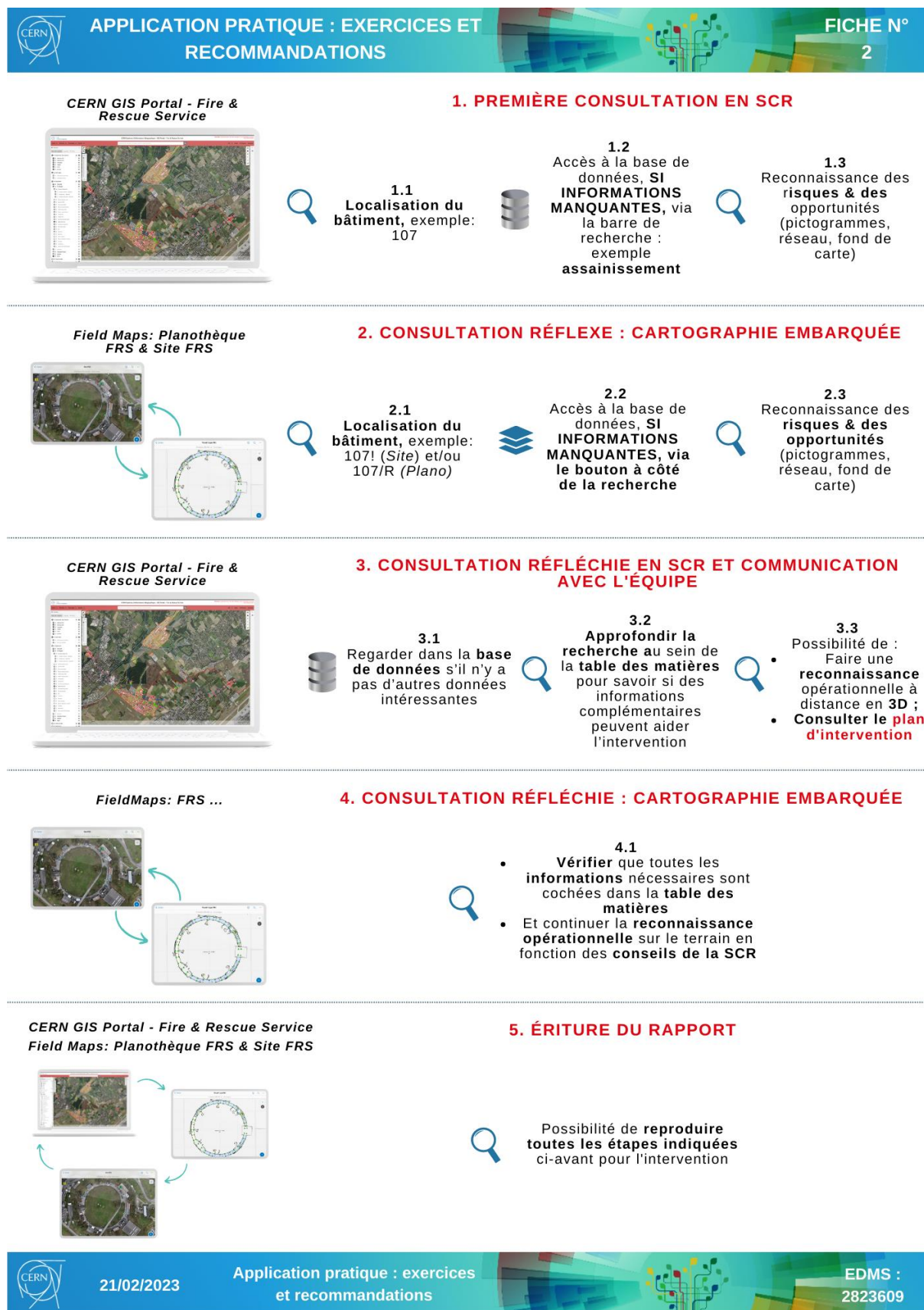


Figure 60 : fiche pédagogique n°2, verso

Questions mobilisées pour l'entretien réalisé au sein du Service Secours & Feu concernant l'utilité de son GIS

Hypothèses	Titres	Questions	Modalités de réponses
Introduction			
<i>La date d'arrivée au CERN d'un pompier peut influencer son intérêt et sa fréquence d'utilisation des portails GIS du Service de Secours et Feu</i>	1. Temps au CERN	En quelle année êtes-vous arrivé au CERN ?	Réponse libre
<i>Certaines équipes utilisent et montrent plus d'intérêt pour les GIS que d'autres</i>	2. Équipe	Dans quelle équipe êtes-vous ?	• Équipe 1 • Équipe 2 • Équipe 3 • Équipe 4
<i>Les WatchManager ont la capacité de suggérer plus d'améliorations que les pompiers de leur équipe</i>	3. Watch Manager	Êtes-vous Watch Manager ?	• Oui • Non
<i>Les pompiers ayant déjà utilisé des GIS avant leur arrivée au CERN ont une fréquence d'utilisation des GIS du Service de Secours et Feu supérieur à ceux qui n'en ont pas utilisé auparavant</i>	A1 Utilisation GIS : avant le CERN	Avez-vous déjà utilisé des SIG (Système d'Information Géographique) avant d'être arrivé au CERN ?	• Oui • Non
<i>Si les pompiers ont utilisé des GIS dans des circonstances rapprochées de celles du service de Secours et Feu (collecte de données, gestion des crises), ils ont un attrait supérieur pour les GIS que ceux qui n'en ont jamais utilisés dans le passé</i>	A2 Circonstances CONDITION : Oui / A1	Si oui, dans quelles circonstances ?	Réponse libre
<i>Si l'utilisation des GIS, dans le passé, a aidé les pompiers dans leurs missions dans le passé,</i>	A3 Apport CONDITION : Oui / A1	L'utilisation du GIS vous a-t-il aidé dans vos missions (dans le passé) ?	• Oui • Non

<i>ils auront une fréquence d'utilisation supérieure pour les GIS du service de Secours et Feu</i>			
<i>Là aussi, les circonstances peuvent influencer l'attrait des pompiers pour l'utilisation des GIS</i>	A4 Circonstances CONDITION : Oui / A3	Si oui, dans quelles circonstances ?	Réponse libre
GIS Portal – Fire & Rescue Service			
<i>Lorsque les pompiers aiment utiliser les GIS, ils l'utilisent avec une fréquence plus soutenue</i>	B1 Fréquence d'utilisation	À quelle fréquence utilisez-vous le "GIS Portal" du Service de Secours et feu ?	• Très souvent • Souvent • Très rarement • Rarement • Jamais
<i>La pertinence de l'outil perçue par les pompiers est liée à une utilisation récurrente</i>	B2 Pertinence de l'outil CONDITION : tout sauf jamais / B1	Sur une échelle de 1 à 5, à quel ce portail GIS vous semble pertinent pour vos missions et celles du service ? (En l'état actuel)	1. Absolument pas pertinent 2. Pas pertinent 3. Modéré 4. Pertinent 5. Très pertinent
<i>Plus les pompiers utilisent et aiment utiliser les GIS, plus ils lui trouveront d'atouts</i>	B3 Atouts CONDITION : tout sauf jamais / B1	Pour quelles raisons ? Quelles sont les atouts, à vos yeux, de l'outil GIS Portal ?	Réponse libre
<i>Moins les pompiers utilisent et aiment utiliser les GIS, plus ils lui trouveront de faiblesses</i>	B4 Faiblesses CONDITION : tout sauf jamais / B1	Et quelles sont les faiblesses, à vos yeux, de l'outil GIS Portal ?	Réponse libre
<i>La non-utilisation potentielle des GIS est liée à un manque d'intérêt ressenti par les pompiers</i>	B5 Explications CONDITION : jamais / B1	Pour quelles raisons vous n'utilisez ce portail GIS ?	Réponse libre
Fire Brigade Plano Edit			
<i>Lorsque les pompiers aiment utiliser les GIS, ils l'utilisent avec une fréquence plus soutenue</i>	C1 Fréquence d'utilisation	À quelle fréquence utilisez-vous le "Fire Brigade Plano Edit" du Service de Secours et feu ?	• Très souvent • Souvent • Très rarement • Rarement • Jamais
<i>La pertinence de l'outil perçue par les pompiers est liée à une utilisation récurrente</i>	C2 Pertinence de l'outil CONDITION : tout sauf jamais / C1	Sur une échelle de 1 à 5, à quel ce portail GIS vous semble pertinent pour vos missions et celles du service ? (En l'état actuel)	1. Absolument pas pertinent 2. Pas pertinent 3. Modéré 4. Pertinent 5. Très pertinent

Plus les pompiers utilisent et aiment utiliser les GIS, plus ils lui trouveront d'atouts	C3 Atouts CONDITION : tout sauf jamais / C1	Pour quelles raisons ? Quelles sont les atouts, à vos yeux, de l'outil Fire Brigade Plano Edit ?	Réponse libre
Moins les pompiers utilisent et aiment utiliser les GIS, plus ils lui trouveront de faiblesses	C4 Faiblesses CONDITION : tout sauf jamais / C1	Et quelles sont les faiblesses, à vos yeux, de l'outil Fire Brigade Plano Edit ?	Réponse libre
La non-utilisation potentielle des GIS est liée à un manque d'intérêt ressenti par les pompiers	C5 Explications CONDITION : jamais / C1	Pour quelles raisons vous n'utilisez ce portail GIS ?	Réponse libre
Fire Brigade Site Edit			
Lorsque les pompiers aiment utiliser les GIS, ils l'utilisent avec une fréquence plus soutenue	D1 Fréquence d'utilisation	À quelle fréquence utilisez-vous le "Fire Brigade Site Edit" du Service de Secours et feu ?	• Très souvent • Souvent • Très rarement • Rarement • Jamais
La pertinence de l'outil perçue par les pompiers est liée à une utilisation récurrente	D2 Pertinence de l'outil CONDITION : tout sauf jamais / D1	Sur une échelle de 1 à 5, à quel ce portail GIS vous semble pertinent pour vos missions et celles du service ? (En l'état actuel)	1. Absolument pas pertinent 2. Pas pertinent 3. Modéré 4. Pertinent 5. Très pertinent
Plus les pompiers utilisent et aiment utiliser les GIS, plus ils lui trouveront d'atouts	D3 Atouts CONDITION : tout sauf jamais / D1	Pour quelles raisons ? Quelles sont les atouts, à vos yeux, de l'outil Fire Brigade Site Edit ?	Réponse libre
Moins les pompiers utilisent et aiment utiliser les GIS, plus ils lui trouveront de faiblesses	D4 Faiblesses CONDITION : tout sauf jamais / D1	Et quelles sont les faiblesses, à vos yeux, de l'outil Fire Brigade Site Edit ?	Réponse libre
La non-utilisation potentielle des GIS est liée à un manque d'intérêt ressenti par les pompiers	D5 Explications CONDITION : jamais / D1	Pour quelles raisons vous n'utilisez ce portail GIS ?	Réponse libre
Conclusion			
Avec l'activité des WatchManager, le terminal le plus utilisé est l'ordinateur	E1 Terminal	Quel terminal utilisez-vous le plus pour les GIS ?	• Ordinateur • Tablette

<i>L'utilisation de tablette, outre les informations, est liée à l'édition et donc à la collecte de données. Ce processus peut paraître plus compliqué et l'hypothèse est faite ici que cela explique, en partie, l'utilisation plus soutenue de l'ordinateur pour les GIS</i>	E1 Explications	Pour quelles raisons ? Est-ce que l'utilisation des outils G/S est plus simple sur l'un des deux terminaux ?	Réponse libre

Tableau 5 : hypothèses retenues pour la première vague d'entretien

Modalités de réponses retenues pour les analyses statistiques

VARIABLE INITIALE & QUESTION LIÉE	MODALITÉS DE RÉPONSES	NOUVELLES VARIABLES	NOUVELLES MODALITÉS & EXPLICATIONS
Valeurs_Metier <i>Pourquoi avez-vous choisi le métier de pompier ? Quelles valeurs lui associez-vous ?</i>	Réponse ouverte	Choix_Metier_Pompier Valeurs_Metier_Pompier_1 Valeurs_Metier_Pompier_2	- Choix_Enfance - Interet - Opportunité - Passion - Service_public - Diversite_Missions - Secours - Diversite_Missions - Engagement - Etre_Utile - Travail_Equipe - Ø Les mots-clés de chaque réponse ouverte ont été recueillis et rassemblés dans de nouvelles modalités de réponses.
Valeurs_Pompier_Utilisation_GIS <i>Est-ce que vous retrouvez les valeurs liées au métier de pompier que vous avez décrite en introduction de cet entretien dans l'utilisation des SIG ou non ?</i>	Réponse ouverte	Valeurs_Pompier_Utilisation_GIS Raison_Valeurs_GIS_1 Raison_Valeurs_GIS_2	- Oui - Non - Aide_Missions - Bonne_Application - Trop_d_Outils - Utilisation_Complexe - Valeurs_Humaines_Avant_Outil - Ø - Gain_Temps - Partage_Informations - Utilisation_Complexe - Valeurs_Humaines_Avant_Outil - Ø Les mots-clés de chaque réponse ouverte ont été recueillis et rassemblés dans de nouvelles modalités de réponses.
Annee_Arrivee_CERN <i>En quelle année êtes-vous arrivé au CERN ?</i>	Réponse ouverte	Choix_Metier_Pompier	- Avant_2000 - Entre_2000_2010 - Entre_2010_2020 - Après_2020 Création de 4 classes à partir de la réponse ouverte

Figure 61 : Premier schéma de synthèse des analyses choisies en fonction des hypothèses retenues

VARIABLE INITIALE & QUESTION LIÉE	MODALITÉS DE RÉPONSES	NOUVELLES VARIABLES	NOUVELLES MODALITÉS & EXPLICATIONS
Atouts_GIS <i>Quelles sont les atouts, à vos yeux, de l'outil GIS Portal / FB Plano / FB Site ?</i> <i>Remarque : la même question a été posée pour les trois portails et elle est synthétisée en une seule ici</i>	Réponse ouverte	Atout_1_GIS_Portal Atout_2_GIS_Portal Atout_1_FB_Plano Atout_2_FB_Plano Atout_1_FB_Site Atout_2_FB_Site	- Complet - Intuitif - Rapide - Choix_Informations - Precision - Ø - Acces_Informations - Edition - Intuitif - Ø - Mise_a_jour - Precision - Ø - Acces_Informations - Edition - Ø - Offline - Ø Les mots-clés ont été identifiés au sein des réponses ouvertes pour chacun des portails
Faiblesses_GIS <i>B1. Et quelles sont les faiblesses, à vos yeux, de l'outil GIS Portal / FB Plano / FB Site ?</i> <i>Remarque : la même question a été posée pour les trois portails et elle est synthétisée en une seule ici</i>	Réponse ouverte	Faiblesse_1_GIS_Portal Faiblesse_2_GIS_Portal Faiblesse_1_FB_Plano Faiblesse_2_FB_Plano Faiblesse_1_FB_Site	- Absence_Sauvegarde - Configuration_Personnalisee - Complexite - Ø - Besoin_Formation - Lent - Outil_Recherche - Ø - Acces_Tablette - Complexite - Mise_a_jour_necesaire - Ø - Besoin_Formation - Zoom_Tablette - Ø - Complexe - Outil_Recherche - Ø Les mots-clés ont été identifiés au sein des réponses ouvertes pour chacun des portails

Figure 62 : Deuxième schéma de synthèse des analyses choisies en fonction des hypothèses retenues

VARIABLE INITIALE & QUESTION LIÉE	MODALITÉS DE RÉPONSES	NOUVELLES VARIABLES	NOUVELLES MODALITÉS & EXPLICATIONS
Aimer_Utiliser_SIG Et enfin, aimez-vous utiliser les SIG ?	Réponse ouverte	Aimer_Utiliser_SIG Raison_Aimer_SIG_1 Raison_Aimer_SIG_2	• Oui • Non • Aide_Missions • Informations • Mais_Utile • Outil_Complexe • Ø • Localisations • Outil_Complexe • Ø La réponse ouverte a été subdivisée en trois nouvelles variables : une binaire et deux autres qui reprennent les mots-clés
Frequence_GIS_Portal _FB_Plano _FB_Site À quelle fréquence utilisez-vous le - GIS Portal / FB Plano / FB Site - du Service de Secours et feu ? <i>Remarque : c'est en fait trois variables, synthétisées en une au sein du schéma, pour gagner de la place</i>	• Très souvent • Souvent • Rarement • Très rarement • Jamais • Sans réponse	Frequence_GIS_Portal Frequence_FB_Plano Frequence_FB_Site	• Très souvent • Souvent • Rarement • Très rarement • Jamais • Ø • Très souvent • Souvent • Rarement • Très rarement • Jamais • Ø Les modalités ont été conservées à l'exception de "Sans réponse" remplacée par Ø
Pertinence_GIS_Portal _FB_Plano _FB_Site Sur une échelle de 1 (absolument pas pertinent) à 5 (pertinent), à quel point l'outil vous semble pertinent pour vos missions et celles du service ? <i>Remarque : c'est en fait trois variables, synthétisées en une au sein du schéma, pour gagner de la place</i>	• 1 • 2 • 3 • 4 • 5	Pertinence_GIS_Portal Pertinence_FB_Plano Pertinence_FB_Site	• Opinion_Mitige • Pertinent • Tres_pertinent • Opinion_Mitige • Pas_Pertinent • Pertinent • Tres_pertinent • Ø • Opinion_Mitige • Pertinent • Tres_pertinent • Ø Selon la règle des 5 %, certaines modalités ont été conservées ou non en fonction des portails GIS
Raison_1_Non_Utilisation_FB_Plano Pour quelles raisons vous n'utilisez pas les outils SIG liés à FB Plano ?	Réponse ouverte	Raison_1_Non_Utilisation_FB_Plano	• Non_Intuitif • Outil_Meconnu • Pas_son_job • Ø Mots-clés retenus
Raison_1_Non_Utilisation_FB_Site Pour quelles raisons vous n'utilisez pas les outils SIG liés à FB Site ?	Réponse ouverte	Raison_1_Non_Utilisation_FB_Site	• Outil_Meconnu • Outil_Non_Adapte • Ø Mots-clés retenus

Figure 63 : Troisième schéma de synthèse des analyses choisies en fonction des hypothèses retenues

Détail des analyses bivariées

Comme évoqué au sein la méthodologie ([section 2.1.2](#)), lors du test du khi2, une hypothèse nulle est d'abord posée afin de savoir si les variables qualitatives choisies sont indépendantes ou non. L'hypothèse nulle est la suivante : les lignes et les colonnes du tableau de contingence (entre deux variables qualitatives) sont indépendantes.

Tests du Khi2 & Hypothèse nulle pour l'hypothèse de recherche n°1

La relation entre les deux variables qualitatives suivantes va être analysée :

- *Valeurs_Metier_Pompier_1* : les modalités sont des mots-clés qui décrivent les valeurs attribuées par les pompiers à leur métier ;
- Et *Valeur_Pompier_Utilisation_GIS* : les modalités sont Oui / Non.

Grâce au tableau de contingence suivant (tableau 6), il est possible d'affirmer que : « secours » est le mot-clé qui revient le plus souvent au sein des valeurs identifiées par les pompiers. Aussi, la majorité des pompiers (26 sur 47) retrouve leurs valeurs dans l'utilisation du GIS du CERN.

<i>Valeurs_Pompier_Utilisation_GIS \ Valeurs_Metier_Pompier_1</i>	<i>Diversite_Missions</i>	<i>Secours</i>	<i>Total</i>
Non	4	17	21
Oui	5	21	26
Total	9	38	47

Tableau 6 : ce tableau de contingence donne les fréquences observées de la variable liée aux valeurs des pompiers (colonnes) et de celle qui indique si les pompiers retrouvent ces valeurs, ou non (lignes)

Ensuite, le tableau d'indépendance (tableau 7) précise la dépendance statistique entre les deux variables : plus les deux tableaux diffèrent, plus les fréquences observées s'éloignent d'une situation aléatoire et donc plus la relation entre les deux variables est forte. Ici, les deux tableaux diffèrent très peu : cela indique l'absence d'une relation significative entre les deux variables.

<i>Valeurs_Pompier_Utilisation_GIS \ Valeurs_Metier_Pompier_1</i>	<i>Diversite_Missions</i>	<i>Secours</i>	<i>Total</i>
Non	4,021	16,979	21,000
Oui	4,979	21,021	26,000
Total	9	38	47

Tableau 7 : ce tableau de d'indépendance donne les fréquences théoriques de la variable liée aux valeurs des pompiers (colonnes) et de celle qui indique si les pompiers retrouvent, ou non, ces valeurs (lignes)

Enfin, le test du khi2 permet de mesurer la distance entre ces deux tableaux et d'affirmer, ou d'infirmer, l'hypothèse nulle d'une dépendance entre les deux variables. La p-value étant de 0,987, les deux variables sont indépendantes.

Tests du Khi2 & Hypothèse nulle pour l'hypothèse de recherche n°2

Ensuite, trois couples de variables qualitatives vont être analysées sur la base de la même hypothèse nulle que précédemment : la variable relative à l'année d'arrivée des pompiers au CERN (*Annee*) et celles qui donnent la fréquence d'utilisation des trois portails GIS (*Frequence_GIS_Portal*, *Frequence_FB_Plano*, *Frequence_FB_Site*).

À propos du tableau de contingence entre *Annee* & *Frquence_GIS_Portal* ([tableau 8](#)), il est possible d'affirmer que :

- Ceux qui utilisent le plus souvent *GIS_Portal* sont les pompiers qui sont arrivés entre 2000 et 2020 ; notamment ceux arrivés après 2010 ;

- Ceux qui sont arrivés avant l'année 2000 ont beaucoup d'expériences, avec de nombreuses interventions et entraînements sur le terrain à leur actif. De fait, ils peuvent moins ressentir le besoin d'utiliser GIS Portal : ils l'utilisent rarement pour la plupart ;
- En revanche, ceux qui sont arrivés après l'année 2020 sont plus nombreux à l'utiliser très rarement et rarement que l'inverse.

Annee \ Frequence GIS Portal	Rarement	Souvent	Tres_rare- ment	Tres_sou- vent	Total
Après_2020	6	3	2	2	13
Avant_2000	3	0	0	1	4
Entre_2000_2010	2	3	2	4	11
Entre_2010_2020	3	5	0	11	19
Total	14	11	4	18	47

Tableau 8 : ce tableau de contingence donne les fréquences observées de la variable liée à la fréquence d'utilisation du GIS Portal (colonnes) puis de la variable qui indique l'année d'arrivée des pompiers à la caserne du CERN (lignes)

Par ailleurs, les tableaux 8 et 9 diffèrent, indiquant une potentielle relation entre x et y qu'il s'agit maintenant de vérifier avec la p-value. Cette dernière est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle. Elle est de **0,055**, donc les deux variables sont indépendantes.

Annee \ Frequence GIS Portal	Rarement	Souvent	Tres_rare- ment	Tres_sou- vent	Total
Après_2020	3,872	3,043	1,106	4,979	13,000
Avant_2000	1,191	0,936	0,340	1,532	4,000
Entre_2000_2010	3,277	2,574	0,936	4,213	11,000
Entre_2010_2020	5,660	4,447	1,617	7,277	19,000
Total	14	11	4	18	47

Tableau 9 : ce tableau de d'indépendance donne les fréquences théoriques de la variable liée à la fréquence d'utilisation du GIS Portal (colonnes) puis de la variable qui indique l'année d'arrivée des pompiers à la caserne du CERN (lignes)

À propos du tableau 10 de contingence entre *Annee & Frequence_FB_Plano*, il est possible d'affirmer que :

- La grande majorité des pompiers, peu importe leur expérience, n'utilisent pas, très rarement ou rarement le portail *FB Plano*. Précisément, plus de la moitié des pompiers n'utilisent pas *FB Plano* ;
- Parmi les 13 pompiers arrivés après 2020, 9 ne l'utilisent pas, 3 très rarement et 1 seul très souvent.

Annee \ Frequence_FB_Plano	Jamais	Rare- ment	Sou- vent	Tres_rare- ment	Tres_sou- vent	Total
Après_2020	9	0	0	3	1	13
Avant_2000	2	0	1	1	0	4
Entre_2000_2010	6	2	1	1	1	11
Entre_2010_2020	7	5	4	3	0	19
Total	24	7	6	8	2	47

Tableau 10 : ce tableau de contingence donne les fréquences observées de la variable liée à la fréquence d'utilisation du portail *FB Plano* (colonnes) puis de la variable qui indique l'année d'arrivée des pompiers à la caserne du CERN (lignes)

Par ailleurs, bien que les tableaux [10](#) et [11](#) diffèrent, la p-value de **0,175** invalide l'hypothèse nulle : les deux variables sont indépendantes.

Annee \ Frequence_FB_Plano	Jamais	Rare- ment	Souvent	Tres_rare- ment	Tres_sou- vent	Total
Après_2020	6,638	1,936	1,660	2,213	0,553	13,000
Avant_2000	2,043	0,596	0,511	0,681	0,170	4,000
Entre_2000_2010	5,617	1,638	1,404	1,872	0,468	11,000
Entre_2010_2020	9,702	2,830	2,426	3,234	0,809	19,000
Total	24	7	6	8	2	47

Tableau 11 : ce tableau de d'indépendance donne les fréquences théoriques de la variable liée à la fréquence d'utilisation du portail FB Plano (colonnes) puis de la variable qui indique l'année d'arrivée des pompiers à la caserne du CERN (lignes)

Enfin, à propos du tableau de contingence (12) entre *Annee* & *Frequence_FB_Site*, le troisième et dernier portail, il est possible d'affirmer que :

- Encore plus que *FB Plano*, *FB Site* est très peu utilisé par les pompiers : seul 5 d'entre eux l'utilisent rarement et souvent (sur 47) et 5 autres l'utilisent très rarement.
- 12 des 13 pompiers arrivés après l'année 2020 ne l'utilisent jamais.

Annee \ Frequence_FB_Site	Jamais	Rarement	Souvent	Tres_rare- ment	Total
Après_2020	12	0	0	1	13
Avant_2000	3	0	0	1	4
Entre_2000_2010	7	0	2	2	11
Entre_2010_2020	15	2	1	1	19
Total	37	2	3	5	47

Tableau 12 : ce tableau de contingence donne les fréquences observées de la variable liée à la fréquence d'utilisation du portail FB Site (colonnes) puis de la variable qui indique l'année d'arrivée des pompiers à la caserne du CERN (lignes)

Par ailleurs, bien que les tableaux 12 et 13 diffèrent, la p-value de **0,362** invalide l'hypothèse nulle : les deux variables sont indépendantes.

Annee \ Frequence_FB_Site	Jamais	Rarement	Souvent	Tres_rare- ment	Total
Après_2020	10,234	0,553	0,830	1,383	13,000
Avant_2000	3,149	0,170	0,255	0,426	4,000
Entre_2000_2010	8,660	0,468	0,702	1,170	11,000
Entre_2010_2020	14,957	0,809	1,213	2,021	19,000
Total	37	2	3	5	47

Tableau 13 : ce tableau de d'indépendance donne les fréquences théoriques de la variable liée à la fréquence d'utilisation du portail FB Site (colonnes) puis de la variable qui indique l'année d'arrivée des pompiers à la caserne du CERN (lignes)

Outre l'absence de dépendances statistiques entre les variables choisies, ces analyses statistiques bivariées ont permis d'infirmer l'hypothèse 2, comme précisé au sein du développement ([page 38](#)).

Fiches de synthèses des analyses univariées concernant la pertinence perçue des portails GIS par les pompiers du CERN



FICHE RÉSULTATS N°2

ANALYSES BI-VARIÉES ET UNI-VARIÉES PUIS
TEST DES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

UNIVERSITÉ DE
FRANCHE-COMTÉ

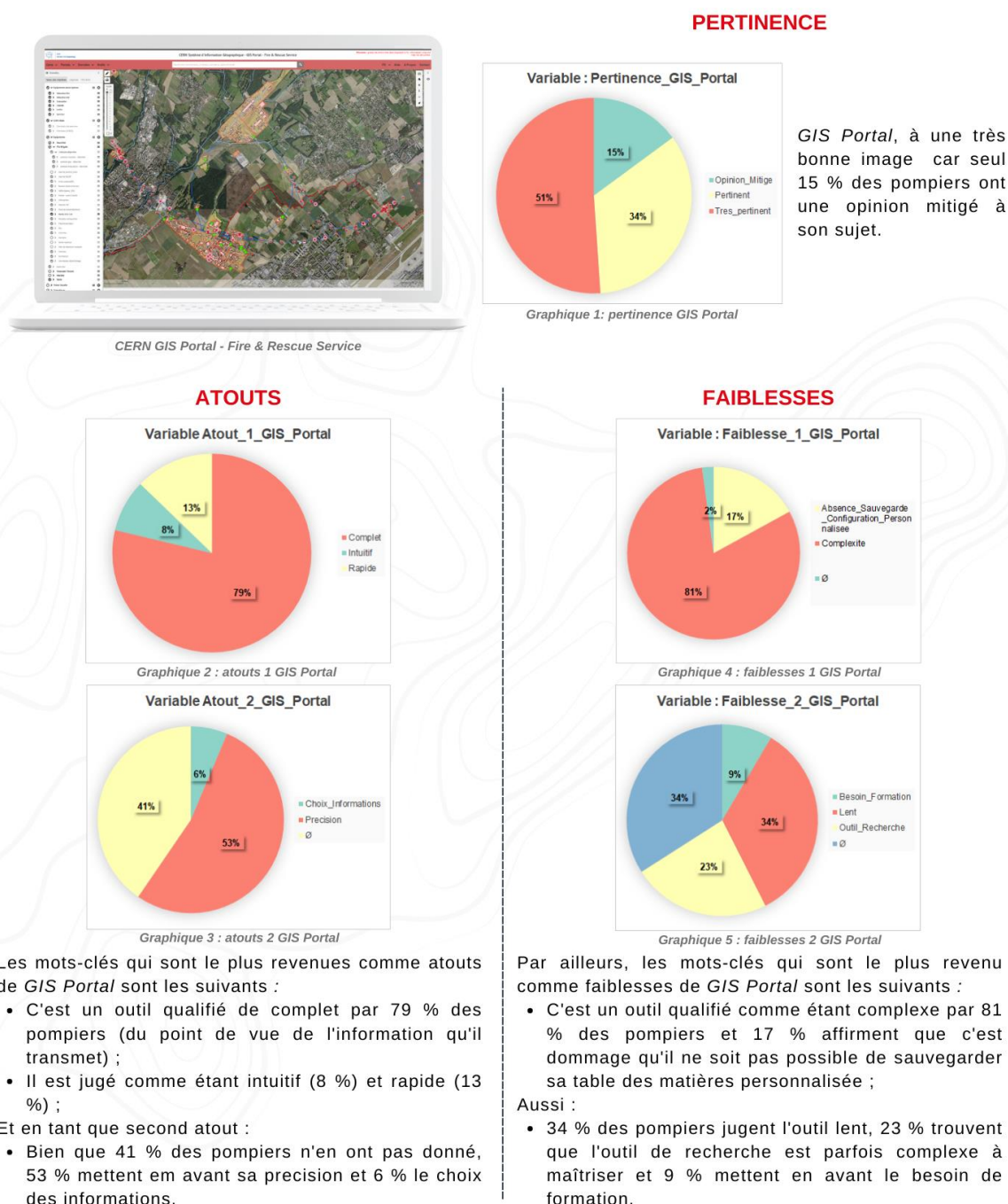


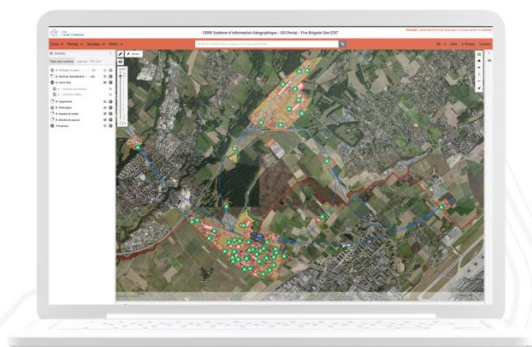
Figure 64 : fiche 1, pertinence du portail GIS CFRS



FICHE RÉSULTATS N°2

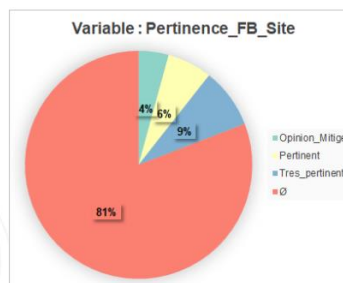
ANALYSES BI-VARIÉES ET UNI-VARIÉES PUIS TEST DES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

UNIVERSITÉ DE
FRANCHE-COMTÉ



CERN GIS Portal - Fire & Rescue Service

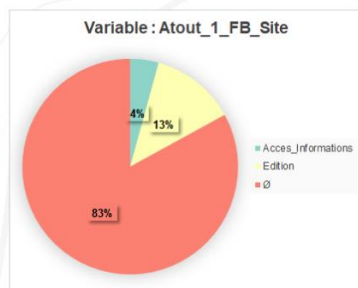
PERTINENCE



Graphique 6 : pertinence FB Site

En ce qui concerne la pertinence de *FB Site*, c'est plus nuancé que GIS Portal, car 81 % des pompiers ne se prononcent pas en raison d'une non-utilisation. Ensuite 15 % soulignent sa pertinence contre 4 % qui sont porteur d'une opinion mitigée.

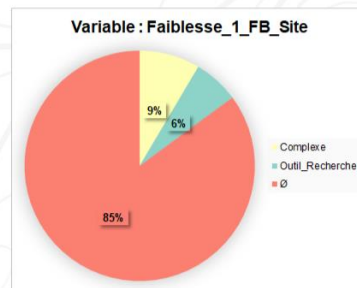
ATOUTS



Graphique 7 : atouts 1 FB Site

83 % des pompiers ne se prononcent pas sur les atouts de l'outil, avec comme raison principale sa non-utilisation de leur part. En revanche, 13 % amènent l'argument de l'édition comme atout du portail et 4 % l'accès à l'information qu'il permet.

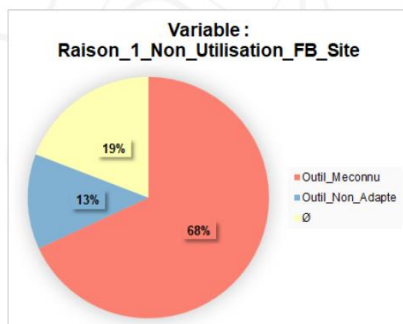
FAIBLESSES



Graphique 8 : faiblesses 1 FB Site

Par ailleurs, 85 % des pompiers ne se prononcent pas sur les faiblesses de *FB Site*, pour les mêmes raisons que les atouts. 9 % estiment que le portail est complexe et 6 % mettent en avant l'outil de recherche comme faiblesse de *FB Site*.

RAISONS NON-UTILISATION :



Graphique 9 : raisons non-utilisation FB Site

En raison des taux élevés d'absence de réponses sur les modalités précédentes, il a été jugé pertinent d'ajouter les statistiques liées à la non-utilisation de *FB Site*. Bien que 19 % des pompiers ne se sont pas exprimés à ce sujet, 68 % affirment que l'outil n'est pas connu et 13 % disent que l'outil est non-adapté. Le taux de réponse élevé à propos de la méconnaissance de l'outil met en avant le besoin de formations à propos du portail.

En synthèse, il est aussi possible d'affirmer l'hypothèse de recherche n° 3 en ce qui concerne *FB Site*, dans la mesure où *GIS Portal* est jugé plus pertinent par les pompiers du CERN.

Fiche 2

Jules Grandvillemin

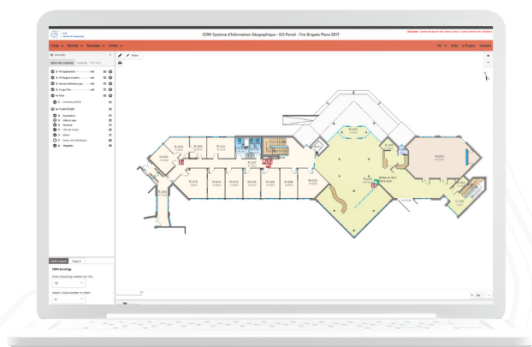
Figure 65 : fiche 2, pertinence du portail FB Site



FICHE RÉSULTATS N°2

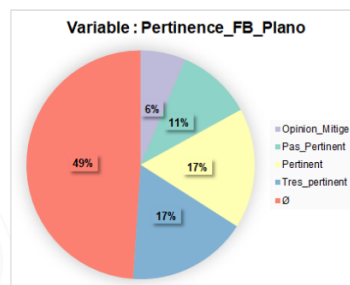
ANALYSES BI-VARIÉES ET UNI-VARIÉES PUIS TEST DES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

UNIVERSITÉ DE
FRANCHE-COMTÉ



CERN GIS Portal - Fire & Rescue Service

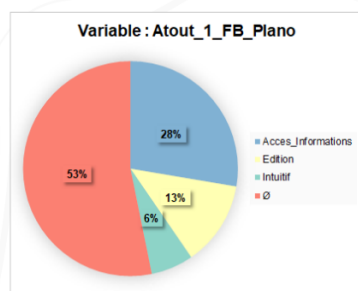
PERTINENCE



Graphique 10 : pertinence FB Plano

51 % des pompiers ont répondu à la pertinence de *FB Plano* (vs 19 % pour *FB Site*) : 17 % jugent le portail très pertinent et 17 % l'estiment pertinent. En revanche, 11 % pensent qu'il n'est pas pertinent et 6 % ont une opinion mitigée à son sujet.

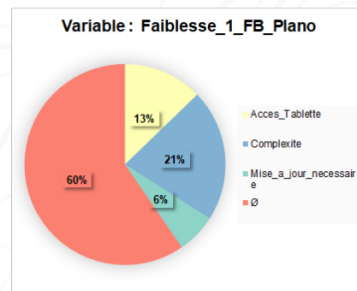
ATOUTS



Graphique 11 : atouts 1 FB Plano

53 % des pompiers ne se prononcent pas sur les atouts de *FB Plano*, avec comme raison principale sa non-utilisation de leur part. 28 % estiment que l'accès aux informations spatiales du CERN est un atout de l'atout ; 13 % mettent en avant l'édition qu'il permet et 6 % jugent que *FB Plano* est intuitif.

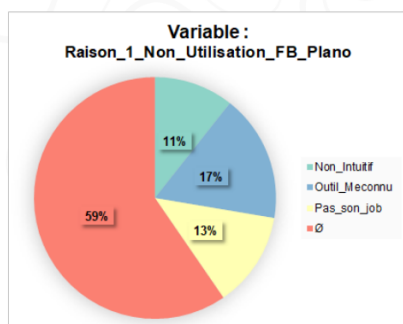
FAIBLESSES



Graphique 12 : faiblesses 1 FB Plano

Pour les faiblesses de *FB Plano* : 85 % des pompiers ne se pronocent pas , 21 % estiment que le portail est complexe ; 13 % mettent en avant la difficulté que donne l'utilisation sur tablette de l'outil (notamment son accès : log in, zoom sur les layers) et 6 % le besoin de mettre à jour les données.

RAISONS NON-UTILISATION :



Graphique 13 : raisons non-utilisation FB Plano

Pour les mêmes raisons que *FB Site*, il a été jugé pertinent d'ajouter les statistiques liées à la non-utilisation de *FB Plano*. Bien que 59 % des pompiers ne se sont pas exprimés à ce sujet, 17 % affirment que l'outil n'est pas connu et 13 % disent que les fonctionnalités que délivre l'outil ne sont pas liées à leurs missions et 11 % estiment qu'il n'est pas intuitif.

Comme pour *FB Site*, il est aussi possible d'affirmer l'hypothèse de recherche n° 3 en ce qui concerne *FB Plano* puisque *GIS Portal* est jugé plus pertinent que ce dernier.

Fiche 3

Jules Grandvillemin

Figure 66 : fiche 3, pertinence du portail FB Plano

CERN Système d'Information Géographique – GIS Portal – Fire & Rescue Service

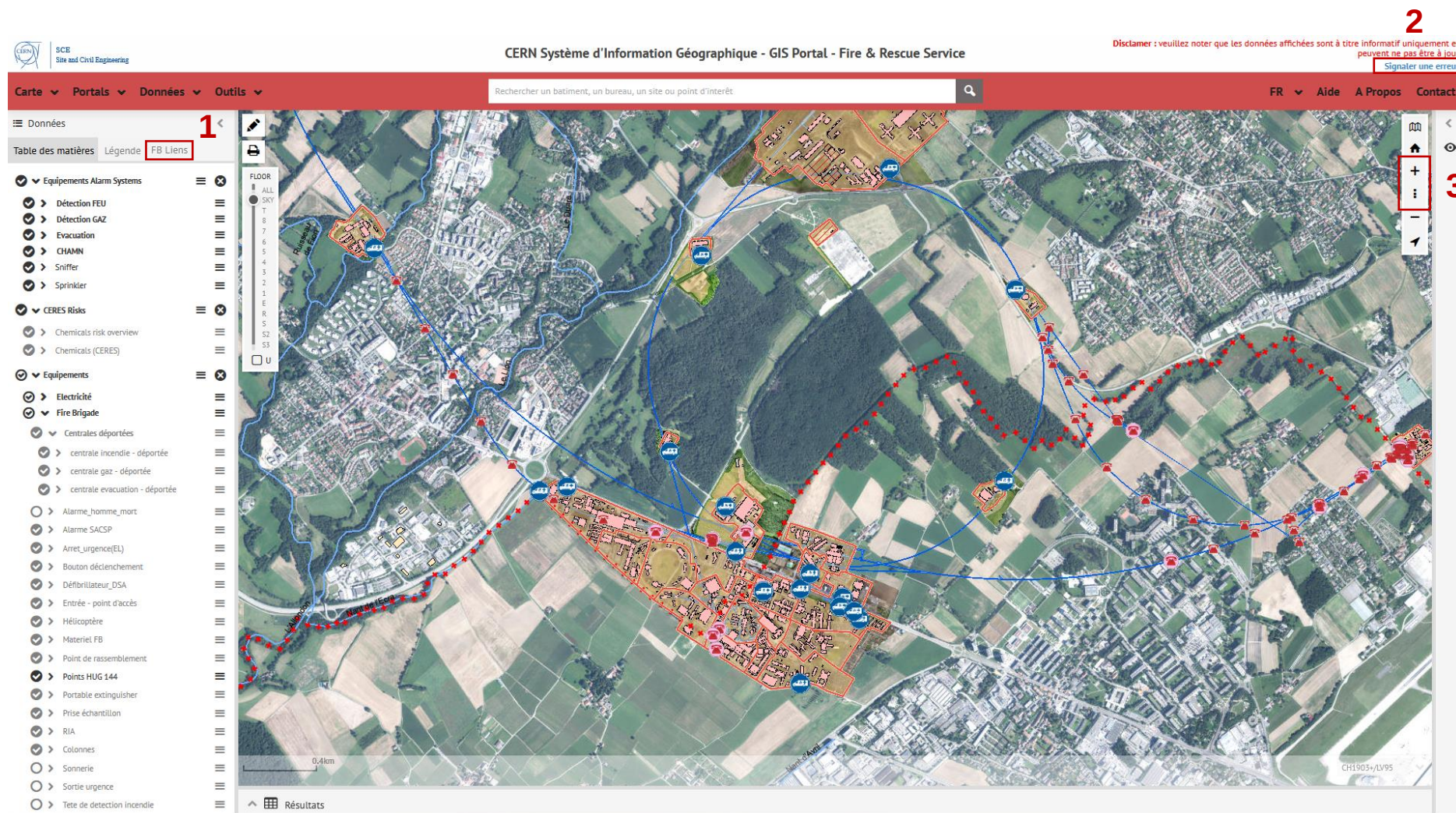


Figure 67 : capture d'écran du CERN Système d'Information Géographique – GIS Portal – Fire & Rescue Service. L'image a été modifiée pour expliquer où les modifications ont été réalisées au sein du portail pour adapter son usage par les pompiers de l'Organisation.

Vue d'ensemble des données spatiales du portail GIS CFRS

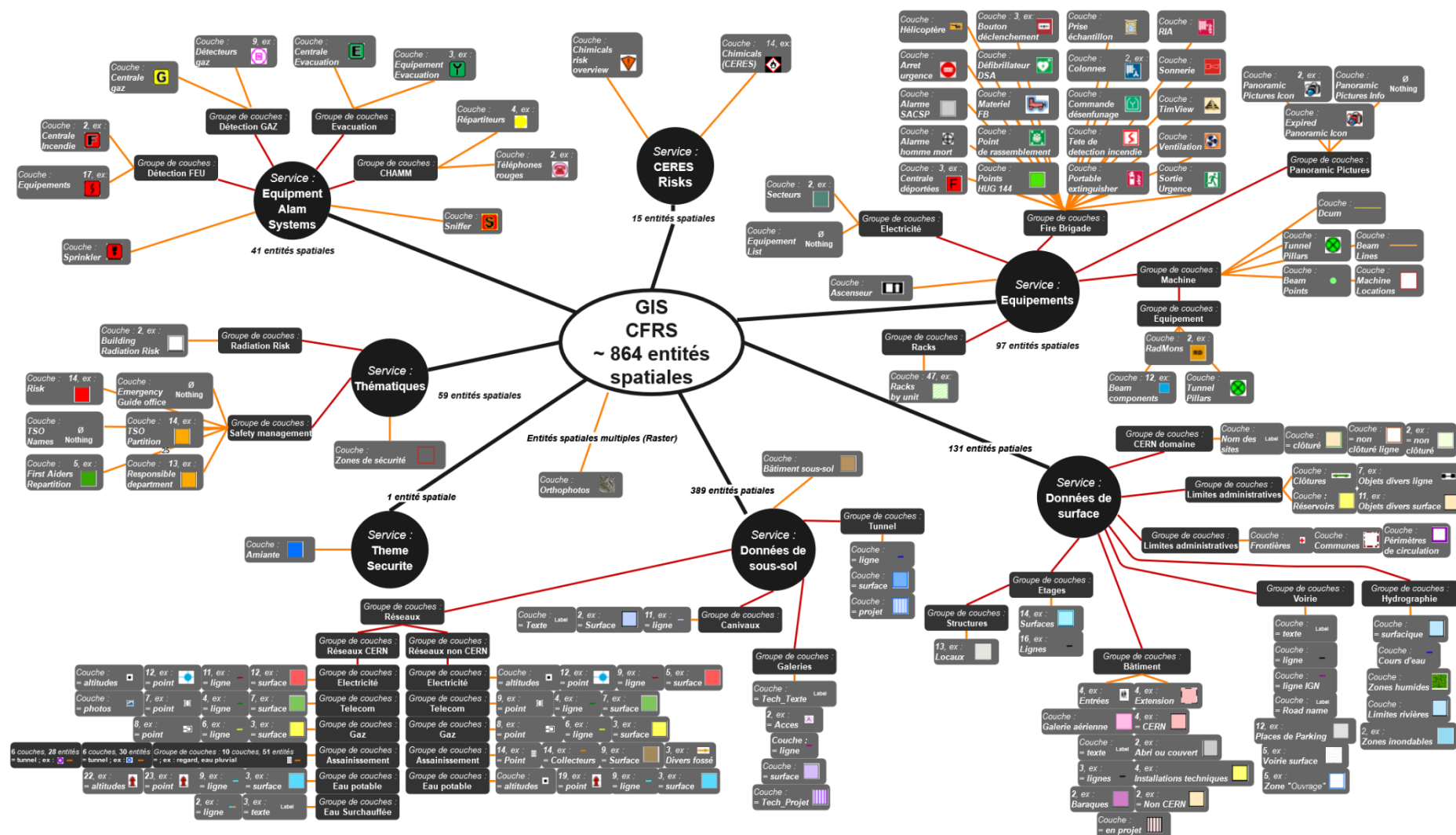


Figure 68 : vue d'ensemble des données au sein du portail GIS CFRS



Première matrice des pictogrammes du Service Secours & Feu du CERN


HSE
Occupational Health & Safety
and Environmental Protection Unit

THE FIRST MATRIX OF PICTOGRAM CHANGES ON THE CFRS GIS PORTALS

EDMS NO. 2819445	REV. 1.0	VALIDITY DRAFT
VISIBILITY RESTRICTED ACCESS		

Date: 1/16/2023

[illegible]

Figure 70 : première matrice de pictogrammes du CERN : les colonnes décrivent, pour chaque portail GIS du CERN, la taille préconisée des pictogrammes en fonction de l'échelle et les lignes spécifient les pictogrammes



Deuxième matrice des pictogrammes du Service Secours & Feu

THE SECOND MATRIX OF PICTOGRAM CHANGES ON THE CFRS GIS PORTALS



HSE
Occupational Health & Safety
and Environmental Protection Unit

EDMS NO. 2819445	REV. 1.0	VALIDITY DRAFT
VISIBILITY RESTRICTED ACCESS		

Date: 1/16/2023

[illegible]

Figure 71 : deuxième matrice de pictogrammes du CERN : les colonnes décrivent, pour chaque portail GIS du CERN, la taille préconisée des pictogrammes en fonction de l'échelle et les lignes spécifient les pictogrammes



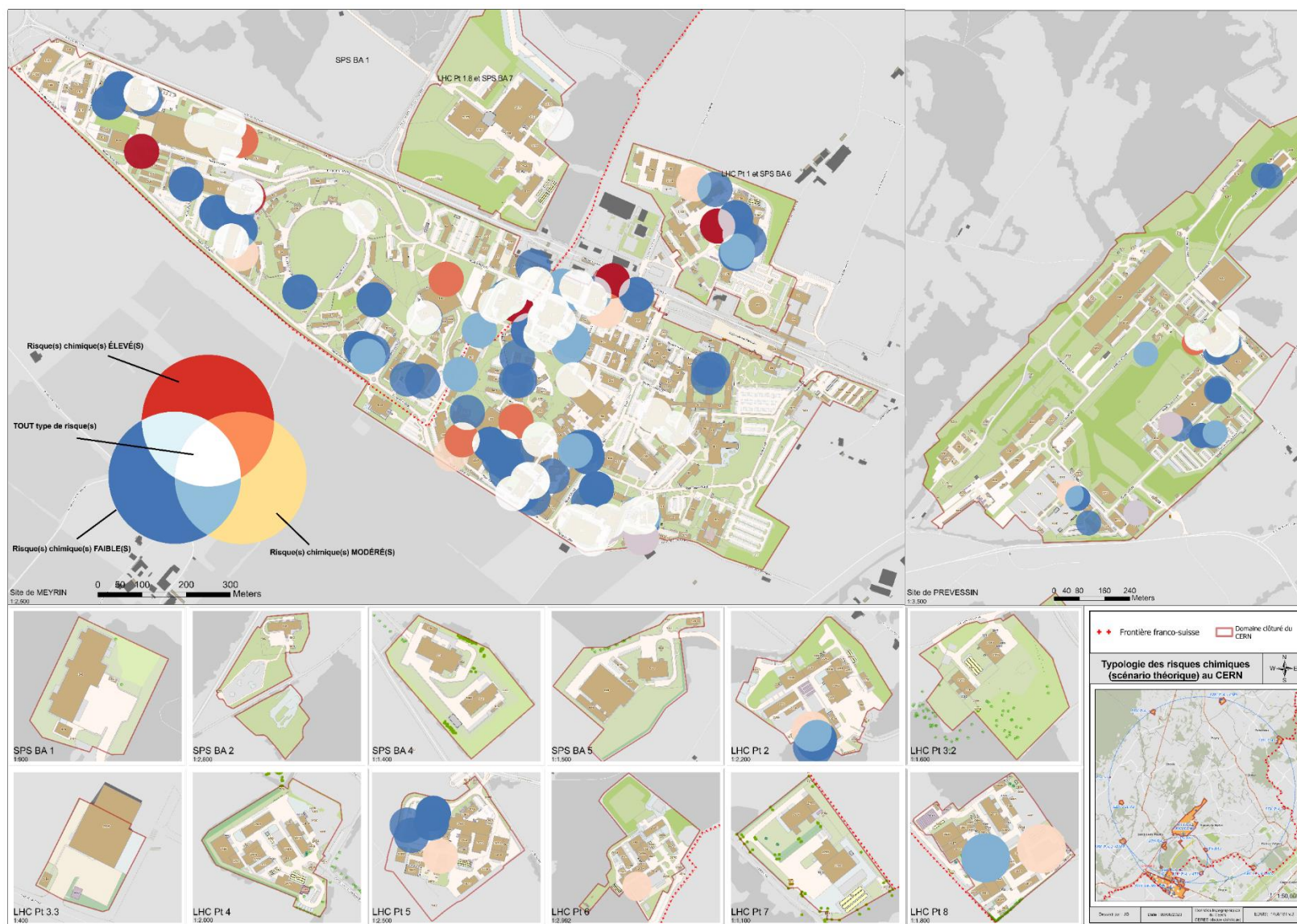


Figure 72 : seconde carte illustrant la typologie des risques chimiques du CERN selon le scénario fictif donné

Table des matières préconisées pour le GIS du CERN

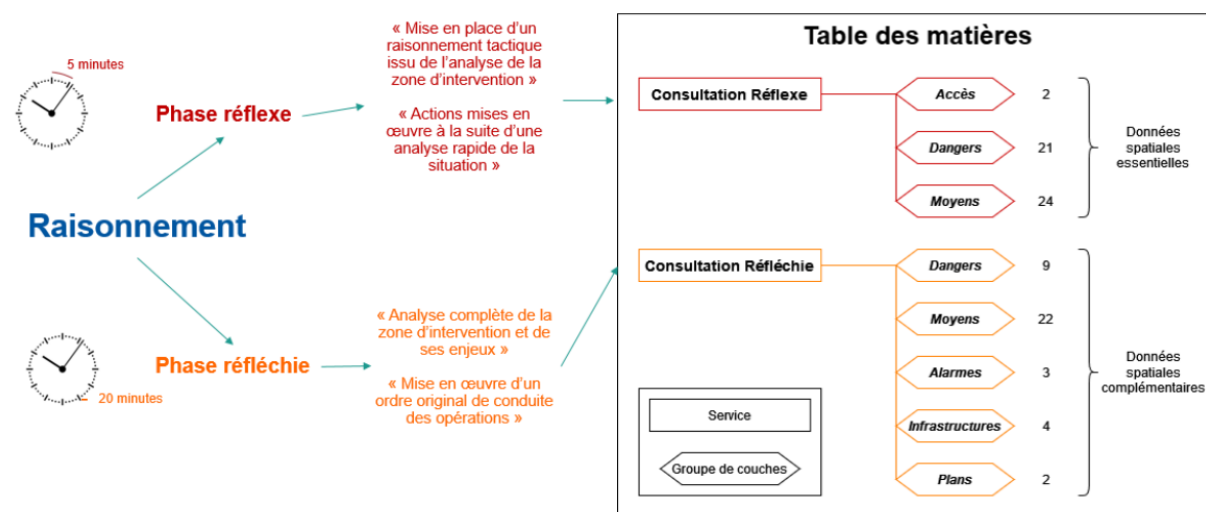


Figure 73 : logique générale concernant la table des matières préconisée

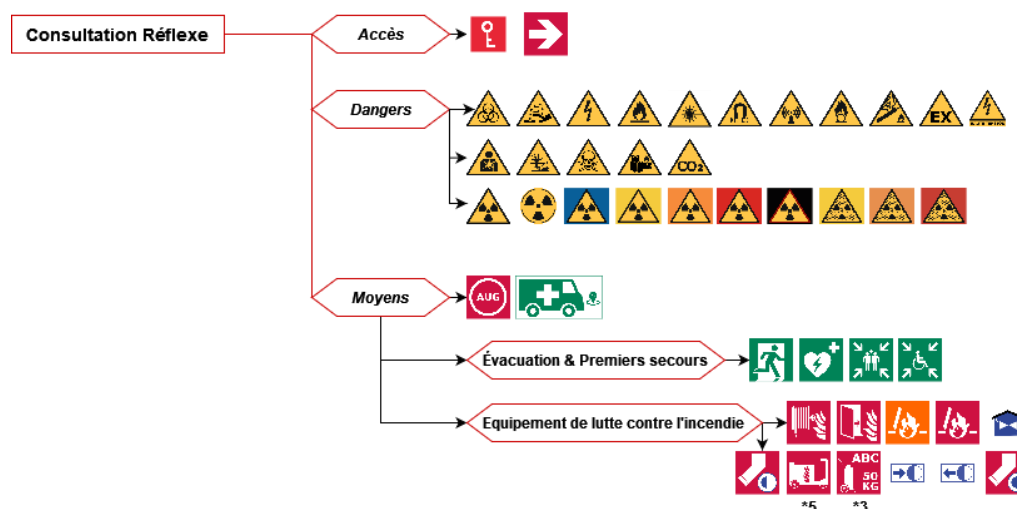


Figure 74 : table des matières, rubrique : consultation réflexe

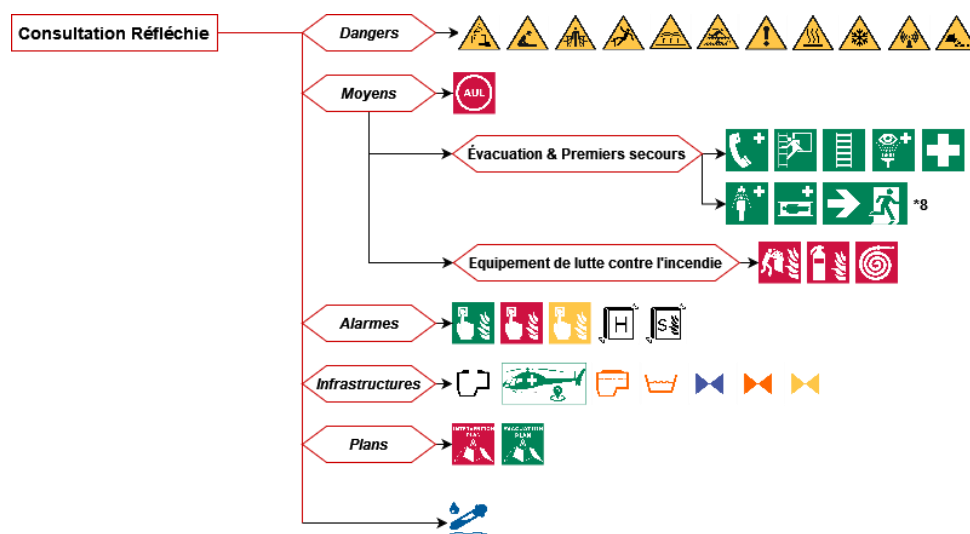


Figure 75 : table des matières, rubrique : consultation réfléchie

Captures d'écran du portail GIS Site WE Edit le 08/05/2023

Échelle : 1 :64000

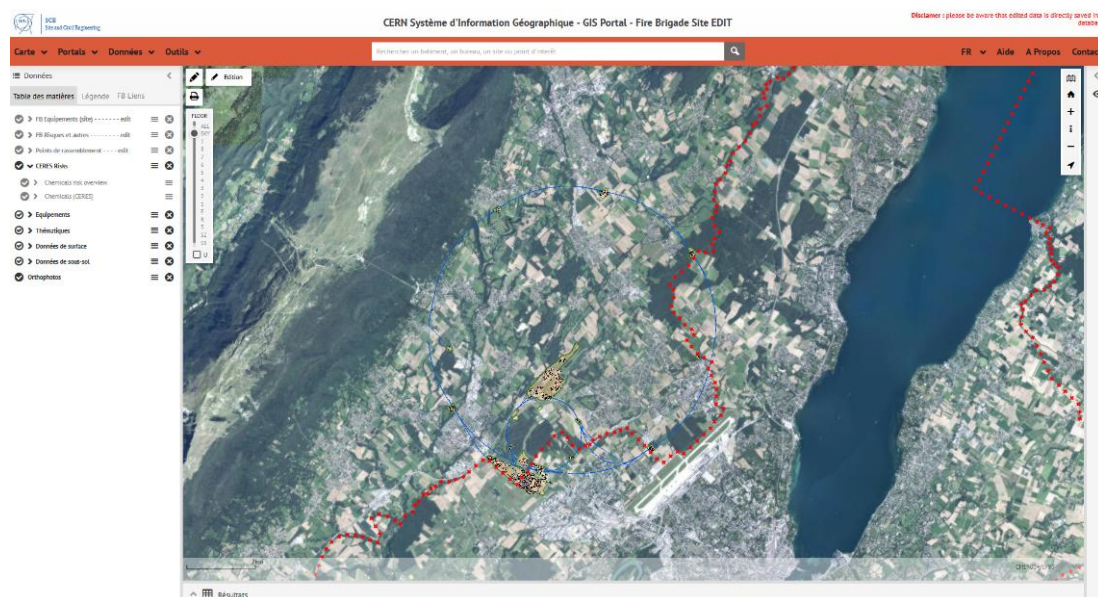


Figure 76 : capture d'écran du portail GIS Site WE Edit le 08/05/2023 à une échelle 1:64000

Échelle : 1 :8000



Figure 77 : capture d'écran du portail GIS Site WE Edit le 08/05/2023 à une échelle 1:8000

Échelle : 1 :500

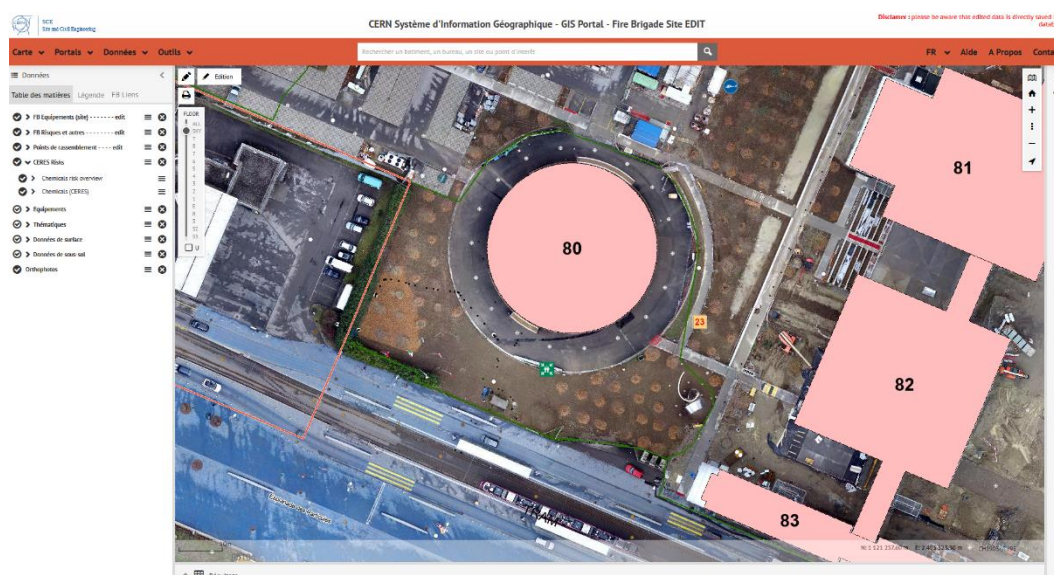


Figure 78 : capture d'écran du portail GIS Site WE Edit le 08/05/2023 à une échelle 1:500

Captures d'écran du portail GIS Site WE Edit le 14/06/2023

Échelle : 1 :64000

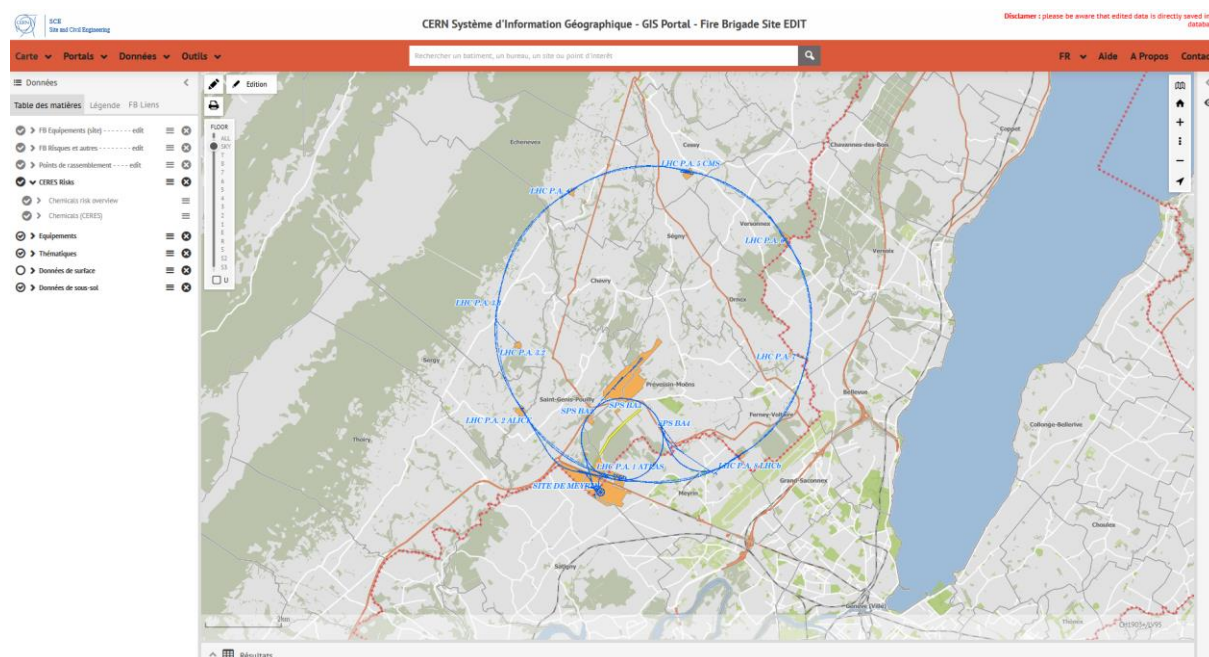


Figure 79 : capture d'écran du portail GIS Site WE Edit le 14/06/2023 à une échelle 1:64000

Échelle : 1 :8000

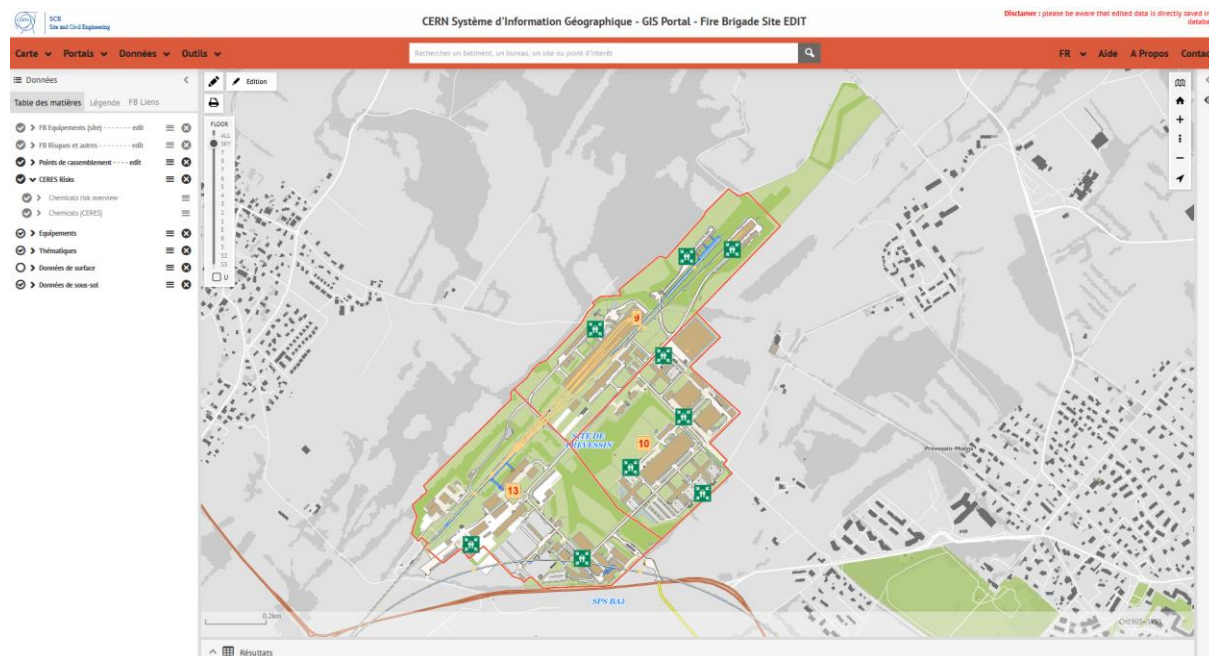


Figure 80 : capture d'écran du portail GIS Site WE Edit le 14/06/2023 à une échelle 1:8000

Échelle : 1 :500

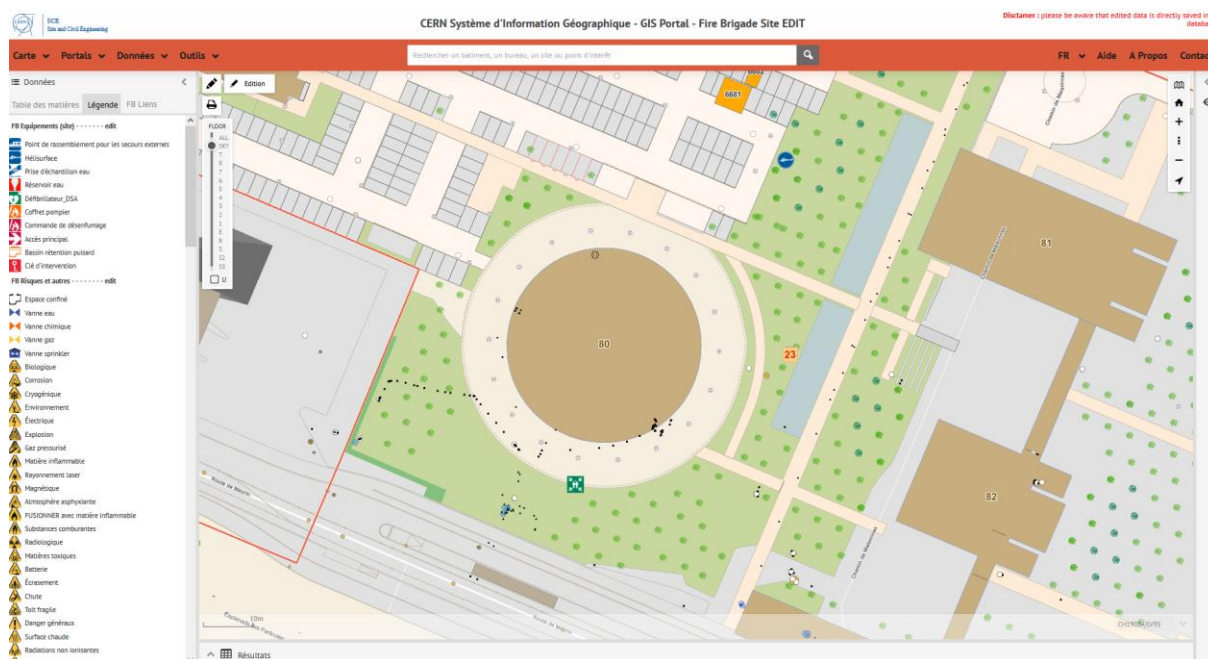


Figure 81 : capture d'écran du portail GIS Site WE Edit le 14/06/2023 à une échelle 1:500

Maquette des portails GIS : les cartes souhaitées en prenant l'exemple du bâtiment 150 (LEIR)

Maquette : vue aérienne du bâtiment 150, en consultation réflexe

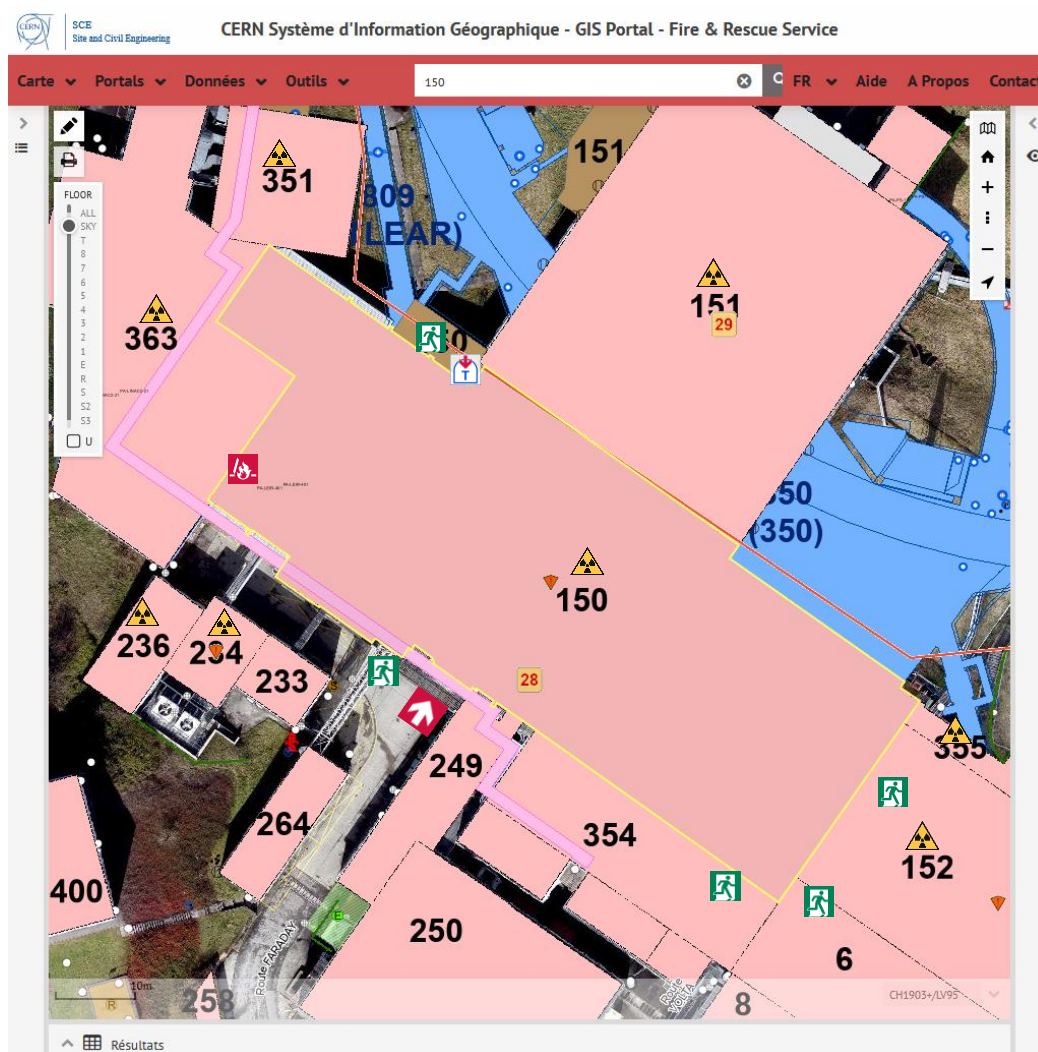


Figure 82 : maquette d'une vue aérienne, via GIS, du bâtiment 150 avec les pictogrammes souhaités

Précisément, les dangers radioactifs indiqueraient les bâtiments susceptibles d'en abriter. Ensuite, l'accès principal du bâtiment serait mis en évidence, ainsi que les issues de secours ; et s'il y a : l'accès potentiel au tunnel et la commande de désenfumage.

Maquette : vue du bâtiment 150 en consultation réflexe via Planothèque

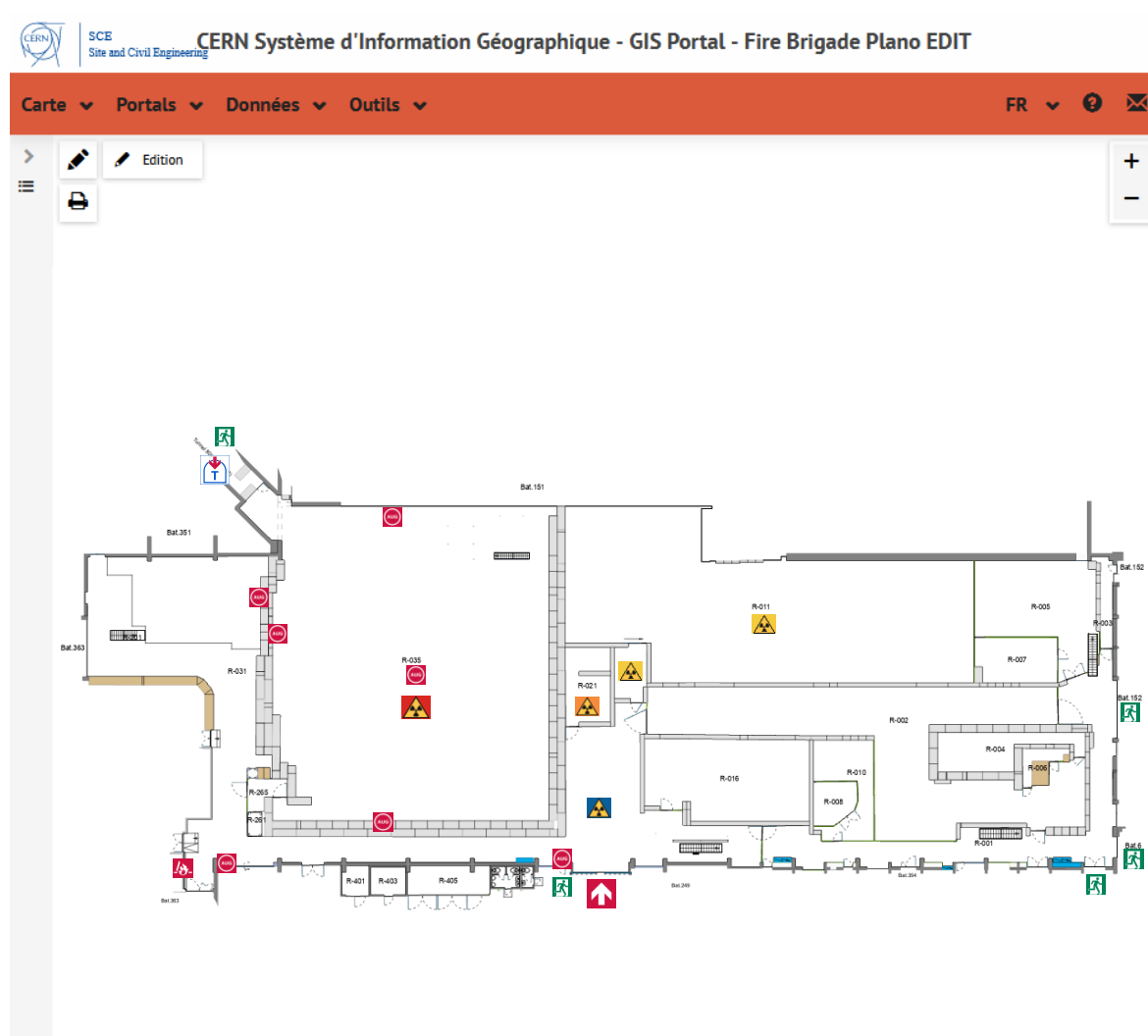


Figure 83 : maquette du bâtiment 150, via le portail GIS Planothèque, en consultation réflexe

Ici, seule la vue du bâtiment est préconisée, avec de nouveaux éléments par rapport à la vue aérienne : la précision sur la gravité potentielle des dangers radioactifs à l'intérieur du bâtiment (s'il y en a) et les arrêts d'urgence généraux pour couper l'électricité en cas de besoin.

Maquette : vue du bâtiment 150 en consultation réfléchie, via Planothèque

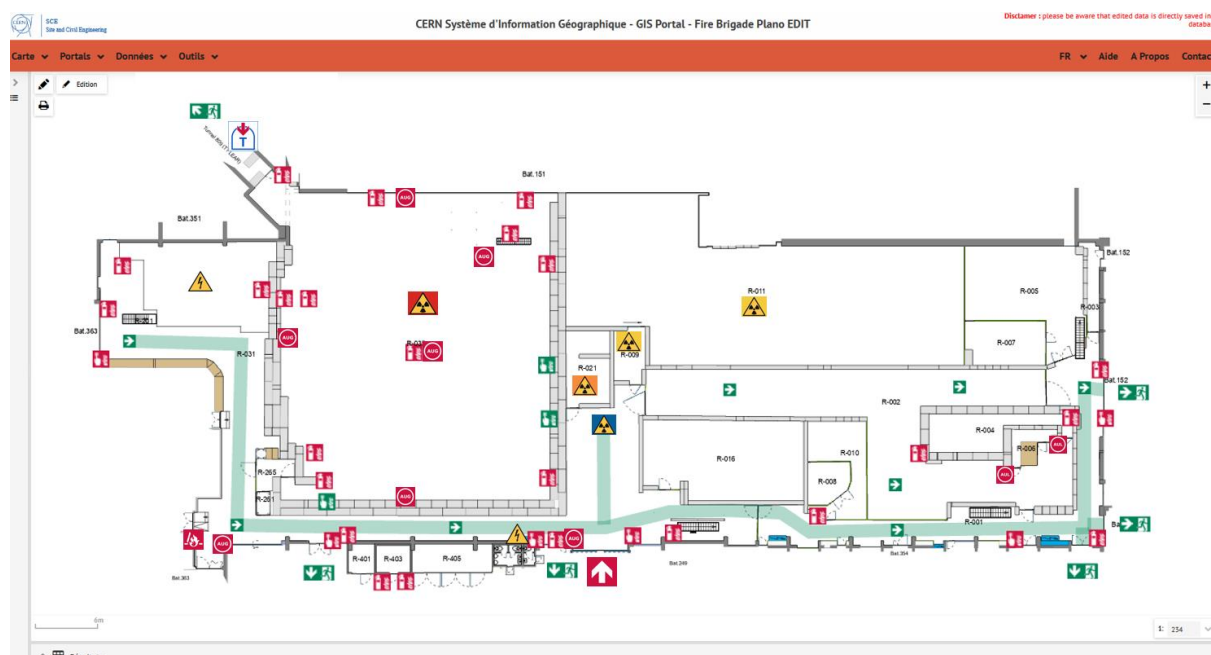


Figure 84 : maquette du bâtiment 150, en consultation réfléchie, via le portail GIS Planothèque des pompiers

Toutes les informations complémentaires à celles qui sont essentielles sont ajoutées : à savoir celles liées à l'évacuation, aux arrêts d'urgences locaux, aux extincteurs, et aux alarmes et à d'autres dangers.

L'indice des risques de catastrophes (The Disaster Risk Index – DRI)

Cadre conceptuel (DRI)	Pays	Objectifs du DRI
<i>Indice de risque mondial (WRI) :</i> Exposition × Vulnérabilité Vulnérabilité = (Susceptibilité + (1 - Capacité d'adaptation) + (1 - Capacité de réaction)) Références : • UNDRR, 2004 • <i>Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies</i>, 2007	• Brésil • Philippines • Indonésie • États-Unis • Chine	• Brésil : « Saisir les aléas, la vulnérabilité exposée à la communauté, les capacités de réaction et d'adaptation de la communauté » (de Almeida et al., 2016) • Philippines : « Se concentrer sur l'évaluation des risques au niveau local ou à petite échelle » (Wannewitz et al., 2016) • Indonésie : « Évaluer l'exposition aux risques de catastrophes, la sensibilité, la capacité d'adaptation et de survie à l'échelle locale, capacité d'adaptation et de survie à l'échelle locale » (UNU-EHS, 2013) • États-Unis : « Fournir une méthode d'évaluation des risques au niveau infranational » (Senn, 2014) • Chine : « Production d'une carte des risques pour la conception et la mise en œuvre de mesures d'atténuation des risques de catastrophe » (Zhou et al., 2015)
R = H × V Où R risque, H danger et V vulnérabilité V = (E × S) / C Où E (exposition), S (sensibilité) et C (capacité) Références : • UNDRR, 2004 • Diouf et al., 2015	• Pakistan	• « Fournir un concept et des méthodologies claires pour l'évaluation des risques basée sur plusieurs composantes (danger, vulnérabilité (sensibilité et exposition), capacité de réaction et d'adaptation) » (Rana et al., 2018)
DRI = Indice de danger + Indice de vulnérabilité Références : • Islam et al., 2013	• Bangladesh	• « Développer des méthodologies qui prennent en compte les risques et la vulnérabilité » (Islam et al., 2013)
DRI = Danger × Vulnérabilité Références : • UNDRR, 2004	• Vietnam	• « Identifier les informations sur les risques d'inondation dans le contexte de l'exposition et de la vulnérabilité aux inondations » (Luu et al., 2018)
DRI = $\sum W_i X_i$ Références : • Peng, 2018	• Taiwan	• « Évaluation des zones inondables pour l'atténuation des catastrophes » (Peng, 2018)

Tableau 14 : l'objectif des DRI dans neuf pays dans le monde (inspiré du travail de Rimli et al., 2020).



Résumé

Quelle pourrait être l'utilité d'un système d'information géographique (SIG) pour les pompiers du CERN et quels usages pourraient-ils en faire ? Comment cette utilisation peut-elle être adaptée à la profession de pompier et aux interventions d'urgence ? Un SIG peut-il contribuer à une cartographie durable et fiable des risques au sein de l'Organisation ?

Telles sont les principales questions abordées dans ce mémoire. Au cours de cette année au sein du Service Secours & Feu du CERN (dans le cadre du programme Etudiant Technique), une enquête a d'abord été menée pour comprendre les besoins des pompiers de l'organisation. Cela a permis de comprendre l'utilité du SIG dans le contexte d'une utilisation de l'outil par les pompiers en phase réflexe et en phase réfléchie. Ensuite, des pistes d'amélioration ont été proposées afin d'adapter l'outil et de faciliter son utilisation en fonction des réponses opérationnelles et préventives du Service. Enfin, certaines activités ont été optimisées, comme le processus de préparation des plans d'évacuation, qui est l'une des nouvelles utilisations du SIG au CERN. Enfin, l'analyse spatiale des risques a été la dernière pierre angulaire de ce travail, dans la mesure où une méthodologie et des résultats basés sur un scénario fictif ont été proposés et peuvent ouvrir de nouvelles perspectives dans ce domaine au sein de l'Organisation.

Mots-clés : SIG, enquête, processus, analyse spatiale, pompier, risque

Summary

What use could a geographic information system (GIS) be for CERN firefighters, and what uses could they make of it? How can this use be adapted to the firefighting profession and emergency response? Can a GIS contribute to sustainable and reliable risk mapping within the organisation?

These are the main questions addressed in this "mémoire". Over the course of this year within CERN's Fire & Rescue Service (as part of the Technical Student program), a survey was first carried out to understand the needs of the organisation's firefighters. This enabled the usefulness of the GIS to be understood in the context of the use of the tool by firefighters in the "phase réflexe et réfléchie". Next, suggestions for improvement were put forward to adapt the tool and make it easier to use in terms of the Service's operational and preventive responses. Finally, certain activities were optimised, such as the process of preparing evacuation plans, which is one of the new uses of GIS at CERN. Finally, spatial risk analysis was the last cornerstone of this work, insofar as a methodology and results based on a fictitious scenario were proposed and may open up new perspectives in this field within the Organisation.

Keywords : GIS, survey, process, spatial analysis, firefighter, risk