



Université de Toulouse

MASTER GEOMATIQUE

« **SCIENCES GÉOMATIQUE EN ENVIRONNEMENT ET AMÉNAGEMENT** » (**SIGMA**)

<http://sigma.univ-toulouse.fr>

RAPPORT DE MASTER 2

**Automatisation de processus d'analyse de Défense Extérieure Contre
l'Incendie (DECI) et d'analyse d'indices hydro-biologiques**

POMAS Louise



Tutrice de stage : ALLIBERT Sandy

Enseignant-référent : JEGOU Laurent

Septembre 2023

Résumé

Le Cereg est un bureau d'études spécialisé en environnement. Créé il y a un an, son service géomatique sert d'appui à toutes les agences Cereg pour le développement d'outils métiers. Au sein de l'agence Cereg de Nantes, j'ai eu l'opportunité d'appliquer mes compétences en géomatique à l'automatisation d'analyse liées à la gestion de l'eau. Dans le cadre de la gestion des ressources en eaux potable, l'agence d'Aubagne, réalise des Schémas Communaux de Défense Extérieure contre l'Incendie (DECI) pour plusieurs départements. Cette étude comporte une première phase de diagnostic concernant l'analyse de la protection actuelle des constructions d'une commune. Pour ce faire, une partie de l'analyse est effectuée à l'aide de modélisateurs QGIS tandis que l'autre est effectuée manuellement. Quant à l'agence de Nantes, où s'est déroulé mon stage, une partie de ces missions concerne la gestion des milieux aquatiques. Dans ce cadre, certains chargés d'études sont amenés à concevoir des Plans Pluriannuels de Gestion des milieux aquatiques à l'échelle d'un bassin versant. Cette tâche implique l'analyse de centaines de données provenant des stations de prélèvements d'indices biologiques. L'objectif de mon stage était d'automatiser ces processus complexes. Cela s'est traduit, d'une part, par la création de deux plugins QGIS en python et SQL visant à automatiser le processus d'analyse de DECI. D'autre part, par une aide à la mise en place d'un outil lié à une base de données, permettant ainsi l'analyse d'indices hydro-biologiques. Ces réalisations contribuent à augmenter l'efficacité de la réalisation de la partie de diagnostic de ces études.

Abstract

Cereg is a specialist environmental consultancy. Created a year ago, its geomatics department supports all Cereg agencies in the development of tools to answer the needs of different business professions. At the Cereg agency in Nantes, I had the opportunity to apply my geomatics skills to the automation of analyses related to water management. As part of the management of drinking water resources, the Aubagne agency is carrying out municipal fire-fighting plans for several departments. This study includes an initial diagnostic phase analysing the current protection of buildings in a given municipality. To do this, part of the analysis is carried out using QGIS modellers, while the other part is done manually. As for the Nantes agency, where my internship took place, part of its missions concerns the management of aquatic environments. As part of this, some of the project managers are required to draw up multiannual aquatic environment management plans (Plans Pluriannuels de Gestion des milieux aquatiques) for a catchment area. This task involves analysing hundreds of items of data from biological index sampling stations. The aim of my internship was to automate these complex processes. This involved creating two QGIS plugins in python and SQL to automate the external fire protection analysis process. Secondly, by helping to set up a tool linked to a database, enabling the analysis of hydro-biological indices. These achievements help to increase the efficiency of the diagnostic part of these studies.

Remerciements

Je tiens premièrement à exprimer ma gratitude envers ma tutrice, Sandy, pour son accompagnement tout au long de cette période de stage ainsi que son soutien dans la rédaction de ce rapport. Sa patience, sa pédagogie et son expertise ont grandement enrichi mon apprentissage.

Merci à M.Jegou pour le temps consacré à la relecture de ce rapport et ses conseils pertinents.

Merci à mon collègue, Florian, qui a généreusement offert son expertise pour la relecture de la troisième partie de ce rapport.

Enfin, un immense merci à toute mon équipe pour leur accueil chaleureux. Leur bienveillance a grandement contribué à mon épanouissement au sein de l'équipe et a rendu l'expérience au sein de Cereg très agréable.

Table des figures

1	Domaines de compétences de Cereg	6
2	Implantation de Cereg en métropole	7
3	Schéma simplifié de la réglementation française concernant la Défense Extérieure Contre l'Incendie (Source : réalisation personnelle)	8
4	Définition des risques (Source : Rapport interne)	8
5	Interface du plugin réalisé par ma tutrice pour le département du Gard	10
6	Schéma des étapes que doivent exécuter les plugins 1 et 2	12
7	Diagramme de Gantt prévisionnel	13
8	Schéma explicatif de la chaîne de traitement réalisée sur le raster des aléas de feux de forêt	16
9	Extrait de la table de classification des habitations	17
10	Schéma explicatif de la liaison des géométries ponctuelles d'ERP à leur bâtiment	19
11	Diagramme explicatif de la requête de liaison des géométries ponctuelles d'ERP à leur bâtiment	19
12	Schéma explicatif des différents degrés d'isolement	20
13	Schéma explicatif des différents degrés d'isolement	22
14	Interface du formulaire des tronçons de route	23
15	Capture d'écran de la répartition des vertex sur le réseau routier avant et après modification	24
16	Schéma explicatif du fonctionnement de la fonction deci04_verif_dist_max_pei	26
17	Diagramme explicatif du fonctionnement de la fonction deci04_verif_dist_max_pei	27
18	Interface du premier plugin, dédié à l'analyse des besoins en eau des constructions	28
19	Exemple de message d'erreur paramétré au sein des plugins	28
20	Journal d'exécution du premier plugin	29
21	Symbologie appliquée à la vue définissant le niveau de protection des bâtiments	30
22	Indices permettant d'évaluer la qualité d'un cours d'eau	31
23	Extrait de FAQE, l'outil d'analyse des indices écologiques	32
24	Carte des hydro-écorégions de niveau 1. (Source : Atlas-Catalogue du Sandre) .	33
25	Exemple de table de classification des types de masses d'eau et des groupes qui leurs sont associés (capture d'écran)	34
26	Exemple de table de classification réalisée (capture d'écran)	34
27	Capture d'écran du projet FME utilisé pour l'un des tests de création de polygones délimitant les zones d'altitudes supérieures à 500m	35
28	Capture d'écran de la classification des valeurs des indices pondérés de l'IBD .	35
29	Intégration de la donnée des très grands cours d'eau européens avec FME . . .	36
30	Diagramme explicatif de la requête SQL créée	37

Glossaire

- BDTOPO** Base de données vécérielle des différents éléments et infrastructures qui composent le territoire produit par l'IGN. 14, 17, 18
- DCE** Directive Cadre sur l'Eau. 30
- DDT** Direction Départementale des Territoires. 15, 16
- DECI** Défense Extérieure Contre l'Incendie. 7, 9–11, 24, 27
- EPCI** Etablissement Public de Coopération Intercommunale. 7
- ERP** Etablissement Recevant du Public. 18
- I2M2** Indice biologique invertébrés. 32
- IBD** Indice Biologique Diatomées. 32, 35
- IBMR** Indice Biologique Macrophyte Rivières. 32
- ICPE** Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. 7
- IPR** Indice Poisson Rivière. 32, 34
- MNT** Modèle Numérique de Terrain. 35
- OSM** OpenStreetMap. 15
- PEI** Point d'Eau Incendie. 7, 9, 16, 21, 23–26
- PostGIS** Extension spatiale du système de base de données PostgreSQL. 10
- PPG** Programme Pluriannuel de Gestion des milieux aquatiques. 30
- QGIS** Outil de SIG gratuit et open-source. 9, 10, 17, 27
- RDDECI** Règlement Départemental de la Défense Extérieure Contre l'Incendie . 7–9, 11, 14, 16, 20, 21
- SANDRE** Service d'Administration National des Données et Référentiels sur l'Eau. 32, 36
- SCDECI** Schéma Communal (ou Intercommunal) de DECI. 7, 9
- SDAGE** Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux. 30, 35
- SDIS** Service Départemental d'Incendie et de Secours. 9
- SIG** Système d'Information géographique. 10
- SQL** Structured Query Language est un langage de programmation utilisé pour gérer des bases de données relationnelles. 20
- ZAI** Zone d'Activité et d'Intérêt. 15, 18

Table des matières

Liste des abréviations	2
Introduction	5
1 L'activité du service géomatique au sein du bureau d'étude Cereg.	6
1.1 Répondre aux besoins des communes avec la géomatique	6
1.2 La problématique de la Défense Extérieure contre l'Incendie (DECI)	7
2 L'automatisation du processus d'analyse de Défense Extérieure Contre l'Incendie	10
2.1 La méthodologie	10
2.2 Création de la donnée sous PostGIS	14
2.3 Automatisation de l'analyse à travers les plug-ins	24
3 Une mission annexe : l'automatisation des calculs d'indices hydrobiologiques	30
3.1 La problématique des diagnostics des milieux aquatiques	30
3.2 Création de l'outil	34
Conclusion	38
Annexes	42
A Extrait du RDDECI du 04 : réglementation pour les habitations et les Immeubles de Grande hauteur (IGH) classées comme habitations	42
B Extrait du RDDECI du 04 : réglementation pour les ERP et les bâtiments artisanaux ou industriels en-dehors des ICPE	43
C Extrait du RDDECI du 04 : réglementation pour les terrains de campings, les habitations légères de loisirs, les aires de stationnement de camping-car et les aires d'accueils des gens du voyage	44
D Exemple de carte utilisée par les chargés d'études pour déterminer la soumission a un risque de feu de forêt (Source : Site internet de la préfecture des Alpes-de-Haute-Provence)	45
E Table de classification des risques agricoles	46
F Extrait de la table de classification des campings et aires d'accueil des gens du voyage	48
G Extraits de la table de classification des ERP	49

H	Extrait de la table de classification des labels des ERP	51
I	Extrait de la table de classification des habitations	52
J	Extrait du code SQL intégré au plugin permettant de déterminer le degré d'isolement d'un bâtiment	53
K	Extrait du code SQL intégrée dans le plugin permettant de déterminer le degré d'isolement d'un bâtiment	54
L	Schéma de classification des habitations	55
M	Schéma de classification des ERP	56
N	Schéma de classification des campings et aires d'accueils pour les gens du voyage	57
O	Schéma de classification des parkings non couverts	58
P	Schéma de classification des bâtiments agricoles	59
Q	Extrait du code SQL intégré dans le deuxième plugin permettant de créer un réseau topologique	60
R	Extraits du code SQL intégré dans le deuxième plugin permettant de créer des vertex à intervalles égaux	61
S	Code de création de la fonction deci04_verif_dist_max_pei	62
T	Extrait de la méthode initAlgorithm	64
U	Interface du deuxième plugin, dédié à l'analyse de la protection des constructions	65
V	Extrait de la symbologie appliquée aux tables créées en sortie du plugin 1	66
W	Extrait de l'arrêté du 12 janvier 2010 définissant la typologie des masses d'eau cours d'eau	67
X	Extrait de l'arrêté du 25 janvier 2010 définissant les critères d'évaluation de l'état écologique des masses d'eau cours d'eau	68
Y	Exemple de résultat obtenu pour l'outil des indices hydro-biologiques FAQE	69
Z	Diagramme de Gantt actuel : répartition du temps passé sur chaque tâche	70

Introduction

Avec le réchauffement climatique, la gestion de l'eau est devenue un enjeu majeur, que ce soit dans le domaine de l'eau potable ou de la préservation des milieux aquatiques. La protection et la gestion de ces ressources sont, en France et en Europe, soumises à des réglementations strictes qui nécessitent une évaluation régulière des milieux aquatiques.

Ce contexte de réchauffement climatique entraîne également la multiplication des feux de forêt. Au-delà de la catastrophe écologique, les incendies de toute nature, forestiers, domestiques ou industriels, représentent des enjeux essentiels en matière de sécurité de la population et de sécurité matérielle. Apporter une réponse rapide et proportionnée au risque de manière à éviter la propagation des incendies est donc primordial. Différentes réglementations, de l'échelle nationale à locale, encadrent et déterminent les objectifs de dimensionnement des ressources en eau potable pour la défense contre les incendies.

Pour répondre à ces enjeux, les collectivités locales font régulièrement appel à des bureaux d'études spécialisés pour réaliser des études en lien avec ces réglementations et apporter des solutions pour garantir une gestion durable de l'eau.

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont de plus en plus utilisés pour traiter ces problématiques. Si aucun outil QGIS ne permet de réaliser l'ensemble de ces analyses, la géomatique peut permettre d'améliorer la réalisation de ces études. Ce qui nous amène à nous demander : Comment la géomatique peut-elle contribuer à la réalisation d'études autour de la gestion de l'eau et, ainsi, aider à optimiser le temps de travail des chargés d'études ?

Au cours de mon stage au sein du bureau d'études spécialisé en environnement Cereg, j'ai pu procéder à la mise en place de processus d'automatisation d'analyses dans le domaine de la gestion de l'eau.

À travers ce rapport, nous verrons comment l'utilisation de la géomatique, et plus particulièrement le développement de plugins QGIS et d'outils liés à une base de données spatiale, ont permis de répondre efficacement aux enjeux liés à la défense contre les incendies et à l'évaluation de l'état des cours d'eau.

1 L'activité du service géomatique au sein du bureau d'étude Cereg.

1.1 Répondre aux besoins des communes avec la géomatique

Créé en 1992, Cereg est spécialisé dans le développement durable des territoires auprès des collectivités, Services de l'État, aménageurs, promoteurs et industriels. Il exerce dans neuf domaines ses compétences d'études, de mesures et de maîtrise d'œuvre. A savoir :

- l'hydraulique, pour prévenir et gérer les risques d'inondation,
- la gestion de l'eau potable et de ses réseaux,
- le traitement des eaux usées et la gestion des systèmes d'assainissement,
- la gestion des ressources en eaux et des milieux aquatiques,
- la réalisation de dossiers réglementaires notamment en environnement



FIGURE 1 – Domaines de compétences de Cereg

Ses 18 agences réparties dans l'hexagone (Figure 2) et le Pacifique ont pour but de proposer une réponse adaptée qui tienne compte des spécificités propres à chaque environnement.

L'agence de Nantes où s'effectue mon stage est spécialisée en gestion des milieux aquatiques et dans la réalisation de dossiers réglementaires en environnement. Son équipe de sept personnes et en pleine évolution avec le développement de son service hydraulique et du service géomatique.

Créé il y a un an, le service géomatique de Cereg, composé pour l'instant d'une seule personne, est en cours de structuration. Il a pour but pour de servir de support aux agences

situées en métropole. Bien qu'implanté à Nantes, le service dépend fiscalement de l'agence de Montpellier.

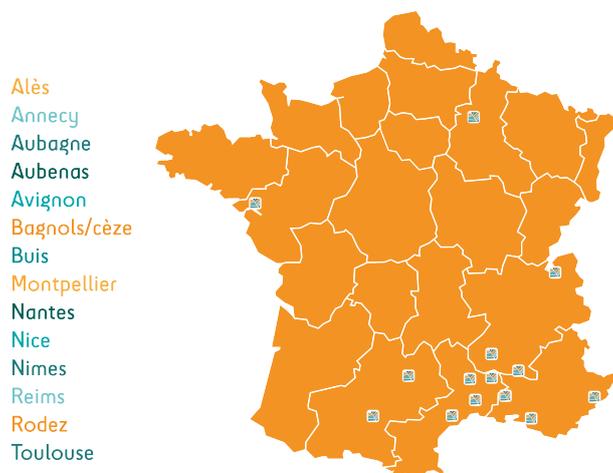


FIGURE 2 – Implantation de Cereg en métropole

1.2 La problématique de la Défense Extérieure contre l'Incendie (DECI)

La DECI constitue l'ensemble des aménagements fixes susceptibles d'être employés pour alimenter en eau les moyens de lutte contre les incendies qui touchent les constructions. Elle est encadrée par un contexte réglementaire national ¹, départemental, ² intercommunal et communal ³ (Figure 3).

1. Le Référentiel national de la DECI définit une méthodologie et des principes généraux relatifs à l'aménagement, à l'entretien et à la vérification des points d'eau servant à l'alimentation des moyens de lutte contre l'incendie. Ce référentiel n'est pas directement applicable sur le terrain. (Source : Schéma Communal de Défense Contre l'Incendie de la commune de Montclar, CEREG)

2. Le Règlement Départemental de la Défense Extérieure Contre l'Incendie (RDDECI). Il ne concerne ni les espaces naturels, ni les espaces de protections de l'environnement (par exemple, les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)), les ouvrages routiers ou ferroviaires.. (Source : Schéma Communal de Défense Contre l'Incendie de la commune de Montclar, CEREG ; RDDECI des Alpes-Hautes-Provence, SDIS04)

3. Un arrêté fixe la liste des Point d'Eau Incendie de la commune et de l'intercommunalité et, selon les initiatives du maire ou d'un EPCI, un schéma communal (intercommunal) de DECI peut être réalisé : le SCDECI

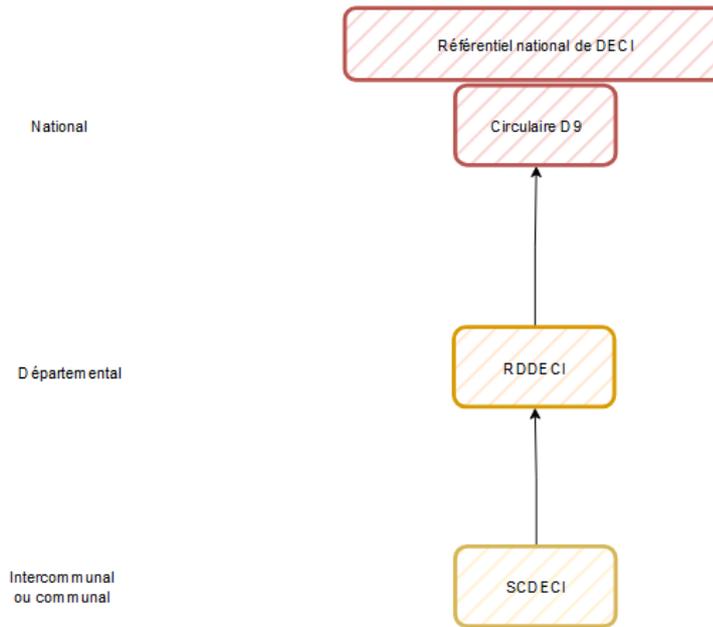


FIGURE 3 – Schéma simplifié de la réglementation française concernant la Défense Extérieure Contre l'Incendie (Source : réalisation personnelle)

Depuis 2015, les critères de définition des risques d'incendie et des ressources en eau nécessaires sont définis dans des Règlement Départemental de la Défense Extérieure Contre l'Incendie (RDDECI) afin d'adapter la réglementation nationale aux spécificités locales des départements. Cette réglementation par objectifs définit les règles relatives à la création, l'aménagement, à l'entretien et à la vérification des points d'eau servant à l'alimentation des moyens de lutte contre les incendies.

Pour ce faire, chaque RDDECI classe les constructions en niveau de risque selon leurs caractéristiques.

Niveau du risque	Définition du risque
Courant faible	Bâtiments dont l'enjeu est limité en terme patrimonial, isolés, à faible potentiel calorifique ou à risque de propagation quasi nul aux bâtiments environnants.
Courant ordinaire	Bâtiments dont le potentiel calorifique est modéré et à risque de propagation faible ou moyen.
Courant important	Bâtiments à fort potentiel calorifique et risque de propagation fort avec des surfaces importantes.
Particulier	Conséquences et impacts environnementaux, économiques et sociaux pouvant être très étendus. Il peut s'agir de bâtiments abritant des enjeux humains, économiques ou patrimoniaux importants. Une approche spécifique est nécessaire.

FIGURE 4 – Définition des risques (Source : Rapport interne)

En fonction de ces analyses de risques et des objectifs fixés, le RDDECI définit ensuite pour chaque construction des ressources en eau nécessaires à l'extinction du bâtiment en cas d'incendie. Ces ressources en eau comprennent :

- Le nombre de PEI minimaux et maximaux utilisés pour couvrir un risque
- Le débit et le volume des PEI
- Les distances séparant les constructions des poteaux incendies
- Les distances entre les PEI protégeant une même construction

Les recommandations des RDDECI sont à compléter par celles du Guide pratique d'appui au dimensionnement des besoins en eau pour la défense extérieure contre l'incendie (circulaire D9) lorsque cela est nécessaire.

De nombreuses communes ne sont aujourd'hui pas en conformité avec ces réglementations et font appel à des bureaux d'études pour savoir si et, dans le cas contraire, comment se mettre aux normes. Le Schéma Communal (ou Intercommunal) de DECI (SCDECI), crée sur initiative du maire et avec l'avis du SDIS⁴, permet de planifier la mise en place d'équipements pour se mettre en adéquation avec la RDDECI en fonction des risques présents sur le territoire et en prenant en compte les urbanisations futures de la commune.

Dans le cadre de la gestion des réseaux d'eau potable, l'agence d'Aubagne répond, entre autres, à des appels d'offre pour l'élaboration du SCDECI. La première phase d'élaboration de ce schéma a pour objectif d'identifier :

- Les risques, actuels et futurs, à couvrir sur la commune
- L'état des moyens disponibles actuellement pour combattre les incendies
- Le niveau de couverture de la commune par les équipements de lutte contre l'incendie
- Les lacunes en matière de DECI

Aucun outil QGIS n'est disponible à ce jour pour réaliser cette première phase d'analyse. De ce fait, les chargés d'études ont mis en place différents modeleurs QGIS pour analyser sur différents départements les ressources en eau que chaque construction nécessite. Cette analyse étant complexe, chaque étape nécessite son propre modeleur. Par conséquent, le temps d'exécution des huit modeleurs créés et la vérification des couches à chaque sortie prend actuellement environ une demi-journée de travail aux chargés d'études.

De plus, l'analyse effectuée par ces modeleurs est incomplète puisqu'elle ne permet pas de vérifier le niveau de couverture de la commune en comparant les ressources nécessaires pour protéger la commune et les ressources disponibles. Cette partie de l'analyse est actuellement réalisée manuellement par les chargés d'études.

Afin de réduire les temps de traitements et d'automatiser l'ensemble du processus d'analyse, l'agence d'Aubagne a donc demandé au service géomatique de créer des outils de DECI pour ses différents départements d'études. Cette automatisation permettra à l'équipe de se

4. Service Départemental d'Incendie et de Secours

concentrer davantage sur l'étude terrain, la recherche et la mise en place de solutions concrètes pour renforcer la protection des bâtiments et la phase de programmation de travaux.

À cette fin, différents outils ont déjà été développés par le service géomatique pour l'analyse de DECI du département du Gard. Des outils similaires ont été commandés par l'agence d'Aubagne pour le département des Alpes-Haute-Provence.

2 L'automatisation du processus d'analyse de Défense Extérieure Contre l'Incendie

2.1 La méthodologie

Antérieurement à la création du service géomatique, chaque ingénieur administrait son propre SIG. De ce fait, quels que soient leurs domaines, les chargés d'études Cereg sont formés et utilisent QGIS. Afin de faciliter la prise en mains des outils créés, le service géomatique a fait le choix de développer des outils dans le même environnement en créant des plugins QGIS liés à une base de données PostGIS. Les outils développés en fonctions des différents besoins métiers et les outils généraux sont aujourd'hui regroupés dans différentes toolbox du plugin "The New Cereg Tools" (Figure 5).

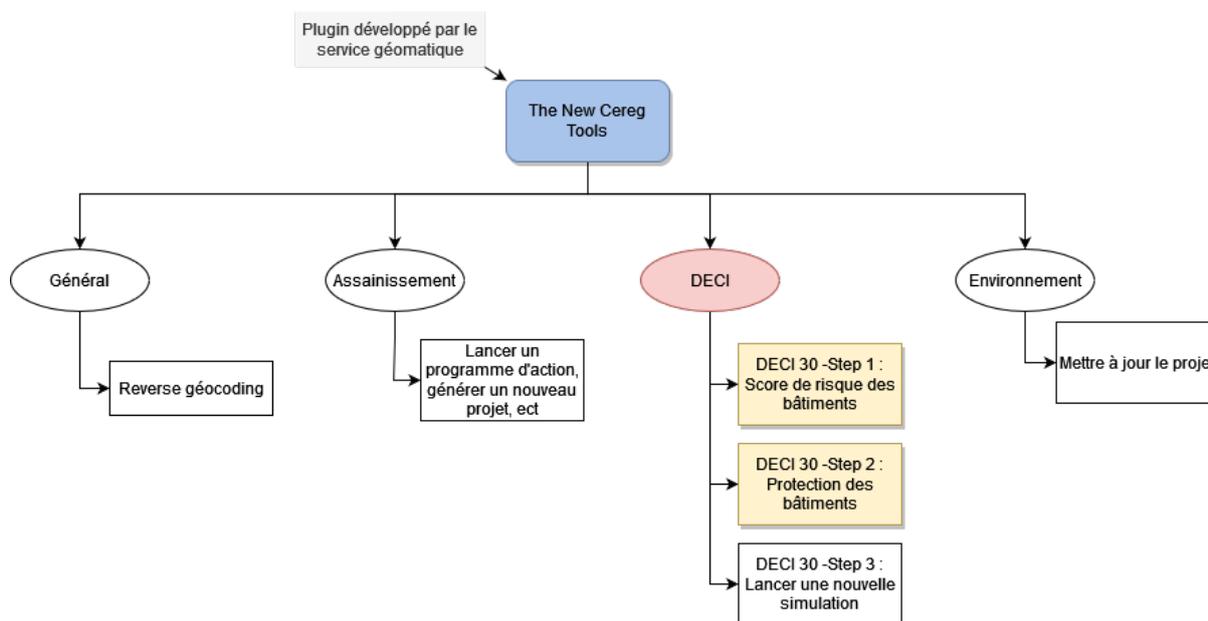


FIGURE 5 – Interface du plugin réalisé par ma tutrice pour le département du Gard

À la suite de la demande de l'agence d'Aubagne, le service géomatique a ainsi développé trois plugins QGIS pour automatiser l'analyse de DECI selon la réglementation du département du Gard. Ces plugins automatisent le lancement de requêtes SQL permettant :

- 1) L'attribution d'un score de risque selon la classification départementale

- 2) L'analyse de la protection des bâtiments selon leur score de risque et leur proximité aux poteaux incendies
- 3) La création de nouvelles simulations de protection des bâtiments permettant à la fois aux chargés d'études de tester l'impact de leurs recommandations, et aux collectivités de simuler la protection contre l'incendie en cas de construction d'un nouveau bâtiment

Ces plugins ne peuvent cependant pas être utilisés pour le département des Alpes-Haute-Provence. En effet, si les RDDECI doivent en principe adapter la circulaire D9 sur leurs territoires⁵, il s'avère que les réglementations départementales diffèrent grandement les unes des autres. L'intégration de différentes réglementations aux seins de plugins uniques demande un temps de développement plus important et serait plus difficile à maintenir que de recourir à la création d'un nouvel outil. Il a donc été décidé par le service géomatique de séparer les outils en créant, pour chaque département, ses propres outils.

Néanmoins, afin de créer une continuité entre les différents outils du service géomatique, les outils de DECI développés dans le cadre de ce stage utilisent les mêmes solutions que celles utilisées pour le département du Gard. De plus, si l'ensemble de la traduction de la réglementation départementale en SQL ne peut être reprise, une partie du code réalisé pour les plugins du Gard a pu être réutilisée et adaptée. Cela concerne, entre autres, la base python nécessaire à la création des plugins, tels que l'ajout de paramètres modifiables, la connexion à la base de donnée, le lancement des requêtes SQL, le chargement des résultats dans un projet et une fonction python.

Après analyse des modeleurs créés par les chargés d'études, il apparaît que la structure suivie par le département du Gard soit également adaptée à la réglementation des Alpes-Haute-Provence. Il a donc été décidé de développer trois outils séparés pour le département du 04 :

- Le premier attribue aux constructions concernées des besoins en eau à partir des données ouvertes disponibles. Les données des bâtiments sont stockées dans des tables modifiables par les chargés d'études avec leurs données terrains. À chaque modification de ces tables, les besoins en eau des constructions stockées dans des vues matérialisées s'actualisent automatiquement à l'aide de triggers⁶.
- Après vérification par les chargés d'études des données ouvertes, le deuxième plugin permet de déterminer si les infrastructures de DECI mises en place sur la commune couvrent les besoins en eau de toutes les constructions de la commune.
- Enfin, le troisième plugin copie les données modifiées dans des tables dédiées à la simulation de la protection des bâtiments afin de vérifier l'impact que les modifications prescrites auront sur la couverture des bâtiments.

5. Ref : note de bas de page n°1

6. Un trigger PostgreSQL est une fonction qui exécute automatiquement une action en réponse à un événement spécifique. Ici, la mise à jour des informations d'une table déclenche un trigger actualisant une vue matérialisée.

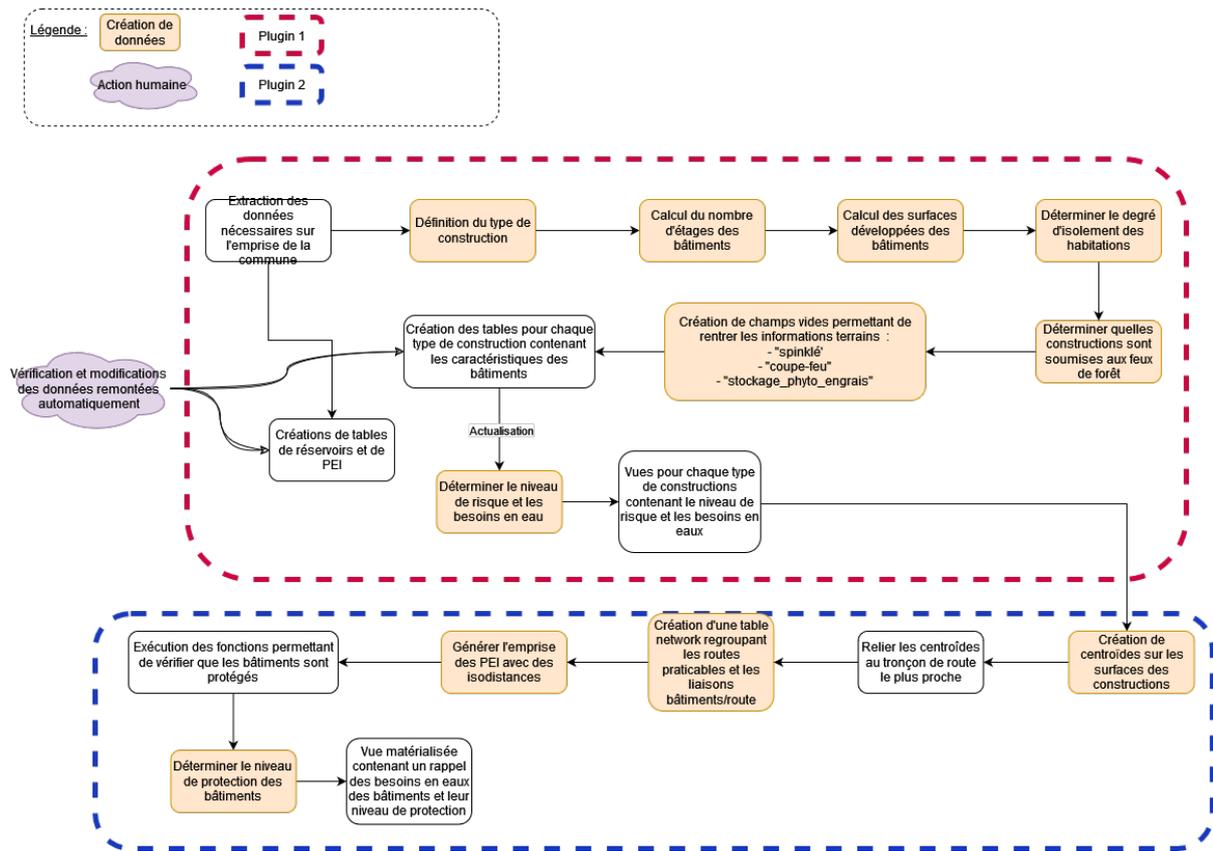


FIGURE 6 – Schéma des étapes que doivent exécuter les plugins 1 et 2

Ce travail de visualisation globale de la conception des plugins a permis de programmer le travail à effectuer (Figure 6 et ??). La première phase de réalisation se concentre sur la création des requêtes pour les différentes étapes détaillées dans le flux de travail. Le lancement de ces requêtes est ensuite automatisé en python via le développement des plugins. Pour la réalisation de ces trois outils, j'ai choisi d'appliquer une méthode Agile. Cette méthode de gestion de projet est particulièrement adaptée au développement d'outils. Elle permet d'impliquer les chargés d'études dans le processus de développement en validant les résultats intermédiaires avec eux. Mon planning prévisionnel, ci-dessous, comprend donc cinq phases de développement :

- 1) Lecture et compréhension de la réglementation et des besoins de Cereg
- 2) La préparation de la donnée et la création des requêtes
- 3) L'automatisation de ces requêtes dans un premier plugin
- 4) L'automatisation de l'analyse de protection des bâtiments dans un deuxième plugin
- 5) La phase la plus courte concerne la gestion des simulations à travers le dernier plugin

Les résultats obtenus lors de la première phase de développement sont dans un premier temps vérifiés sur la préfecture des Alpes-de-Haute-Provence, Digne-les-Bains. L'importance de cette commune permet de vérifier la bonne application de l'ensemble des cas prévus dans la réglementation.

Au cours des phases de développement, les plugins sont testés et vérifiés localement avec le « Plugin reloader »⁷ et le journal des messages de QGIS. A ces tests de fonctionnement effectués durant le développement plugins s’ajoutent plusieurs phases de tests et de rectifications du code. La première période de rectification est prévue après les réunions de présentation des plugins finaux. L’autre fait suite à la phase de tests libres effectués par les chargés d’études.

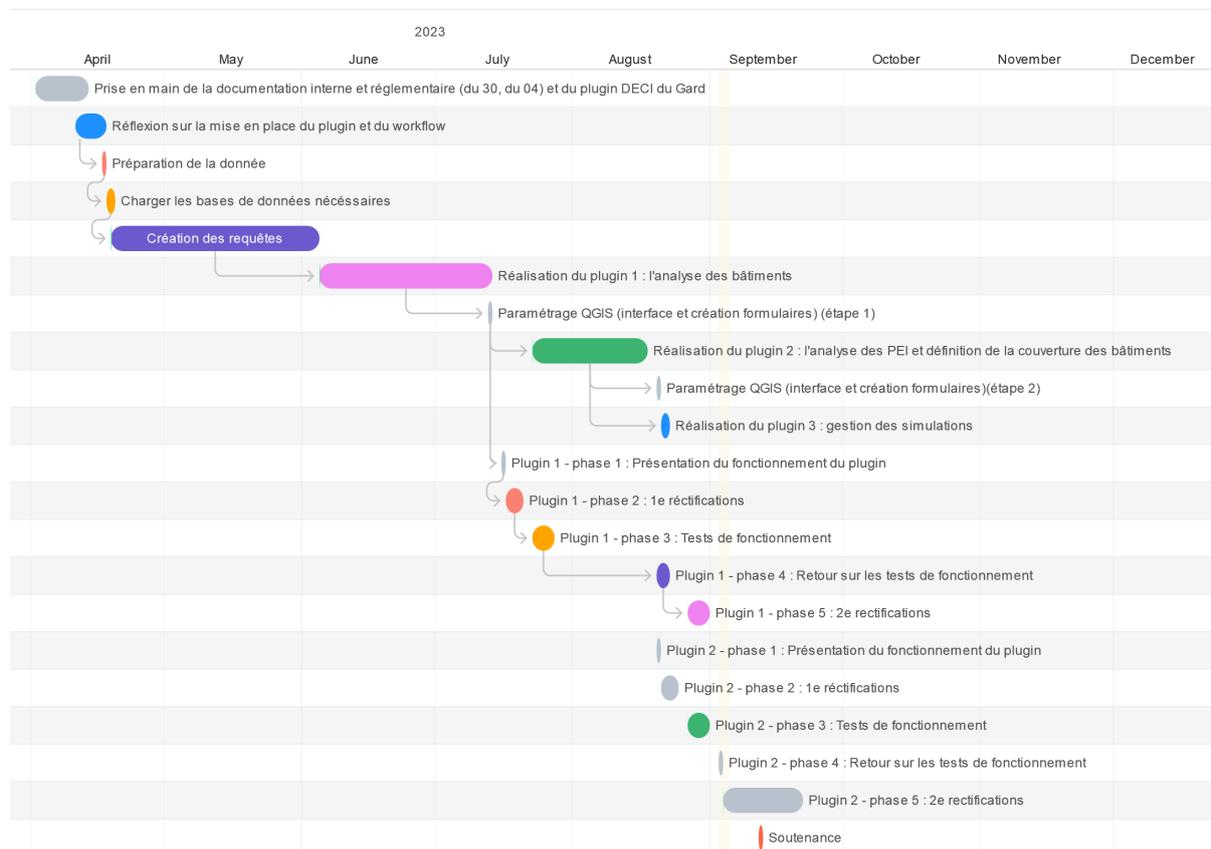


FIGURE 7 – Diagramme de Gantt prévisionnel

Jusqu’à présent, puisque le service géomatique n’est composé que d’une seule personne, les outils développés pour Cereg étaient développés en local et déposés une fois terminés dans un répertoire d’accès aux plugins. Au cours de mon stage, afin de préparer l’agrandissement du service, une forge, comprenant des outils de versionnement et d’intégration continue, a été mise en place. L’outil de versionnement, Woodpecker, permettra à terme de lancer des pipelines de tests, notamment de tests unitaires⁸, lors de chaque déploiement de plugin. Tandis que le Git permet aujourd’hui le déploiement des plugins créés par le service géomatique sur l’ensemble du parc Cereg. Les plugins sont ainsi intégrés aux Git une fois la première période de tests terminée pour permettre aux chargés d’études de tester librement les plugins.

7. Team, Q. W. (s. d.). Plugin Reloader — QGIS Python Plugins Repository. https://plugins.qgis.org/plugins/plugin_reloader/

8. Test automatisé écrit par les développeurs pour vérifier le bon fonctionnement de leur code. Ces tests permettent notamment de s’assurer que l’ensemble d’un code fonctionne correctement après la mise à jour d’une portion du code.

2.2 Création de la donnée sous PostGIS

Comme nous avons pu le voir précédemment, les RDDECI fixent pour chaque construction les besoins en eau nécessaires à son extinction en cas d'incendie. Ces besoins en eau varient selon le niveau de risque que représente le bâtiment. Ce dernier est déterminé à partir de différents critères. Pour le département des Alpes-Haute-Provence, ces critères sont (Voir les annexes A, B,C) :

- Son type : habitation, Établissement Recevant du Public (ERP), bâtiment agricole, parking, camping ou aire d'accueil pour les gens du voyage
- La nature de l'habitation : individuelle ou collective
- Le nombre d'étages de l'habitation
- Son niveau d'isolement par rapport à d'autres constructions
- Sa présence dans une zone de risque de feu de forêt
- Le type de l'ERP (une salle recevant du spectacle, une école, un magasin, une usine...)
- Sa surface développée, c'est-à-dire sa surface habitable. Cette surface est calculée en multipliant la surface au sol par le nombre d'étages du bâtiment
- Sa présence au sein d'une zone d'aléa de feu de forêt
- La présence d'un système d'extinction automatique dans le bâtiment
- La présence de produits phytosanitaires ou d'engrais
- Le nombre d'emplacements des campings et aires d'accueil des gens du voyage

L'attribution des besoins en eaux effectuée dans le premier plugin nécessite donc l'accès à un grand nombre d'informations.

La majorité de ces données sont disponibles directement dans la BDTOPO⁹ de l'IGN. D'autres ont dû être créées à partir des informations disponibles en open source ou fournies par la Direction Départementale des Territoires. Au total, quatre sources de données différentes sont utilisées.

Les flux WFS¹⁰ de la BDTOPO ont été intégrées par le service géomatique dans la base de donnée de Cereg grâce à un Foreign Data Wrapper¹¹. Contrairement à une requête interrogeant des données provenant d'une base de données locale, interroger les serveurs de l'IGN de cette manière augmente les temps de traitement d'une requête. Pour palier à ce problème et fournir une réponse rapide aux utilisateurs des outils, stocker cette donnée dans une base de donnée de Cereg est nécessaire. Les données de ce flux WFS sont donc extraites dans des vues matérialisées. Cette méthode permet une gestion de la mise à jour simple tout en limitant les temps de traitement.

9. Base de données vectorielle des différents éléments et infrastructures qui composent le territoire produit par l'IGN

10. Web Feature Service. Service web permettant d'accéder à des données géospatiales vectorielles stockées sur un serveur distant à l'aide d'une requête HTTPS

11. Extension PostgreSQL permettant d'accéder à un flux de données à partir d'une base de données

Les informations fournies par la BDTOPO sont cependant parfois indisponibles ou incomplètes. Pour remédier à ce problème, j'ai importé des données OpenStreetMap (OSM) dans la base de données. Elles sont dans un premier temps téléchargées sur Overpass turbo¹², puis redécoupées à l'échelle du département dans QGIS, avant d'être intégrées dans la base de données. Les données OSM sont collectées et modifiées par une communauté de contributeurs. Elles permettent d'avoir accès à un grand nombre de données, mais ne possèdent aucune garantie sur leur fiabilité. Elles sont donc d'une part utilisées pour combler les lacunes de la BDTOPO, lorsque aucune autre source de données officielle n'est disponible. Par exemple en ce qui concerne le nombre d'emplacements des campings ou de la présence d'aires d'accueils pour les gens du voyage. D'autre part, elles permettent une meilleure visualisation cartographique de la donnée de la BDTOPO lorsque cela est nécessaire. En effet, certains polygones dans la BDTOPO, telles que les ZAI¹³, sont marqués comme "Fictif". Cela signifie que, bien que leur localisation soit exacte, leur emprise ne reflète pas la réalité. Ces géométries sont ainsi remplacées par une géométrie OSM lorsque cela est possible.

La troisième source de données concerne les feux de forêt. En effet, la réglementation départementale prend également en compte l'impact des feux de forêts dans l'attribution des niveaux de risque auxquels sont soumises les constructions.

Pour appliquer cette réglementation, les chargés d'études utilisaient une carte PDF de l'aléa de feux de forêts du département (voir annexe D). Cette carte, réalisée par la Direction Départementale des Territoires (DDT) des Alpes-de-Haute-Provence, se base sur la pente du terrain, l'exposition au vent, la présence de végétaux et de leur biomasse pour définir la probabilité qu'un incendie d'une intensité donnée se produise.

Cependant, l'automatisation de l'identification des constructions concernées par ces aléas, nécessite l'accès à une donnée exploitable en base de données. J'ai donc contacté la DDT pour obtenir la donnée utilisée pour la réalisation de ces cartes. La couche fournie est un raster précis, mais brut, qui n'est ni retravaillé ni filtré. Ce degré de précision est trop élevé pour l'utilisation recherchée. L'objectif est ici de privilégier une rapidité d'exécution grâce à des zones d'aléa délimitées en amont, plutôt qu'une précision fine.

Pour ce faire, j'ai choisi de vectoriser les rasters fournis afin de créer une couche vecteur contenant la délimitation des zones concernées par ces aléas moyens à fort. Il n'est cependant pas possible de vectoriser la couche raster fournie en l'état. De fait, vectoriser un raster aussi précis nécessiterait un temps de traitement très long et créerait un grand nombre de petits polygones difficiles à exploiter. La première étape de ce processus consiste à réduire le bruit du raster en le filtrant. J'ai donc dans un premier temps retravaillé la couche fournie à l'aide de l'outil "ClassificationMapRegularization" de l'extension OrfeoToolbox (OTB)¹⁴ de QGIS.

12. Overpass Turbo est un outil web de filtrage de données OSM. <https://overpass-turbo.eu/>

13. Zone d'Activité et d'Intérêt

14. ClassificationMapRegularization — OTB Cookbook 6.4.0 Documentation. (s. d.). https://www.orfeo-toolbox.org/CookBook-6.4/Applications/app_ClassificationMapRegularization.html

Plusieurs tests ont été nécessaires avant de trouver le rayon de filtre permettant de conjuguer une donnée fiable avec un traitement rapide de la donnée. Un raster filtré avec un rayon de 10 pixels, par exemple, est très généralisé et perd en précision de l'information. Toutefois, intersecter trois polygones avec ce raster vectorisé prend plus d'une heure. La solution finalement retenue consiste en l'application d'un filtre 30x30 puis la reclassification de la couche des aléas en cinq classes représentant les zones d'aléas très faibles, faibles, moyens, forts et très forts. Seules les zones d'aléas moyens à très fort sont conservées. Afin d'améliorer les performances de l'intersection, les polygones de moins de 50m² obtenus après la vectorisation sont supprimés. La validité des géométries est ensuite vérifiée avec la fonction 'ST_IsValidDetail'¹⁵ puis corrigées avec la fonction 'St_MakeValid'¹⁶ Enfin, la précision de la donnée créée est vérifiée en comparant la liste des campings identifiés par la DDT comme soumis à un aléa feu de forêt moyen à fort selon et la liste de campings intersectant les zones délimitées dans cette nouvelle couche.

Les zones obtenues de cette manière (Figure 8) sont très simplifiées, mais permettent d'obtenir l'information nécessaire en un temps d'exécution de seulement quelques minutes.

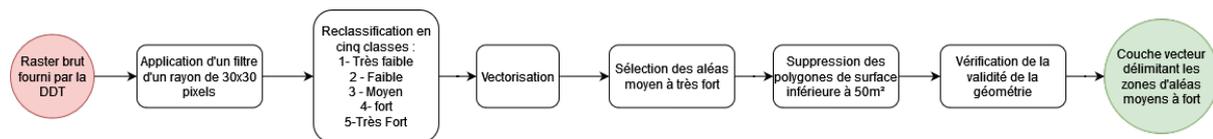


FIGURE 8 – Schéma explicatif de la chaîne de traitement réalisée sur le raster des aléas de feux de forêt

Enfin, la quatrième source de données concerne les moyens en eaux des communes. De fait, une des fonctions du premier plugin est la création de couches vides permettant aux chargés d'études de saisir les informations relevées sur le terrain concernant les moyens en eaux disponibles sur la commune, à savoir les réservoirs et les PEI qui leur sont reliés. Les volumes d'eau des poteaux incendies sont en effet déterminés par le volume disponible dans le réservoir d'eau auquel ils sont liés.

Afin de simplifier la saisie terrain pour les chargés d'études, j'ai leur ai proposé de préremplir les données des PEI à l'aide de données Open Source. Les données disponibles sur le site du SDIS04¹⁷ ont donc été intégrées à la base de données puis mises en forme selon le format des données de terrain des PEI utilisé par Cereg.

Pour pouvoir attribuer des besoins en eau à chaque construction, il faut traduire la réglementation présente dans le RDDECI dans un format utilisable en base de données. La classification en catégorie de risques prévue dans la réglementation présente beaucoup de nuances. Ainsi,

15. Fonction PostGIS permettant de vérifier la validité d'une géométrie et la raison de l'invalidité de la géométrie le cas échéant. Source : ST_IsValidDetail. (s. d.). https://postgis.net/docs/en/ST_IsValidDetail.html

16. Fonction PostGIS permettant de transformer une géométrie invalide en géométrie valide sans perdre de vertex. Source : ST_MakeValid. (s. d.). https://postgis.net/docs/en/ST_MakeValid.html

17. Défense Extérieure Contre l'Incendie (DECI). Sdis04. <https://www.sdis04.fr/dec>

des bâtiments au sein de la même catégorie de risque peuvent avoir des besoins en eau différents. C'est notamment le cas d'habitations présentant les mêmes caractéristiques et classées en risque ordinaire, mais dont les besoins en eau diffèrent en fonction de leur degré d'isolement. Afin de lisser ces nuances, j'ai créé une nouvelle classification attribuant à chaque cas un code correspondant à ses besoins en eau (Voir annexes P, N, M, L, O). Les critères définis dans la réglementation ont ensuite été regroupés en table de classifications et intégrées dans la base de données en amont de la création des plugins (Voir annexes E, F, G H,I et Figure 9).

ABC situation_isolement	<input checked="" type="checkbox"/> risque_feu_foret	<input checked="" type="checkbox"/> lotissement	<input checked="" type="checkbox"/> ensemble_bati	<input checked="" type="checkbox"/> zone_mixte	123 surf_developee_min	123 surf_developee_max	ABC cat_risque	ABC cat_besoin_eau
Isolee	[]	[]	[]	[]	250	999 999	Faible	H-RCF2
Isolee	[v]	[]	[]	[]	0	999 999	Ordinaire	H-RCO1
Isolee	[]	[v]	[]	[]	0	999 999	Ordinaire	H-RCO2
Isolee	[v]	[v]	[]	[]	0	999 999	Ordinaire	H-RCO2
Isolee	[]	[]	[v]	[]	0	999 999	Important	H-RCI
Isolee	[v]	[]	[v]	[]	0	999 999	Important	H-RCI
Isolee	[]	[]	[]	[v]	0	999 999	Important	H-RCI
Isolee	[v]	[]	[]	[v]	0	999 999	Important	H-RCI
Isolee	[]	[]	[]	[]	0	250	Faible	H-RCF1
Jumelee	[NULL]	[]	[]	[]	0	999 999	Ordinaire	H-RCO1
En bande	[NULL]	[]	[]	[]	0	999 999	Ordinaire	H-RCO2
En bande	[NULL]	[v]	[]	[]	0	999 999	Ordinaire	H-RCO2
Jumelee	[NULL]	[]	[v]	[]	0	999 999	Important	H-RCI
Jumelee	[NULL]	[]	[]	[v]	0	999 999	Important	H-RCI

FIGURE 9 – Extrait de la table de classification des habitations

Ces tables de classification permettront ainsi, une fois les tables de données créés, d'attribuer un niveau de risque et des besoins en eau aux constructions grâce à une simple jointure.

Une fois l'ensemble des données nécessaires à la création des plugins intégrée dans la base de données et les tables de classifications créées, nous pouvons passer à l'élaboration des requêtes permettant de construire, pour chaque type de construction, une table regroupant toutes les informations nécessaires à l'application des classifications.

Certaines de ces informations, notamment les caractéristiques spécifiques des habitations, sont directement accessibles depuis la BDTPO. À l'inverse, d'autres informations nécessitent des données de terrain et doivent être renseignées manuellement par les chargés des études ou le client, c'est-à-dire la collectivité. C'est le cas par exemple des informations relatives à la présence de produits phytosanitaires ou d'un système d'extinction automatique. Des champs vides, en booléen, sont donc créés pour permettre aux chargés d'études de renseigner ces informations via un formulaire QGIS.

Néanmoins, la majorité des informations sont à construire à partir des données ouvertes intégrées dans la base de données. C'est le cas, par exemple, du nombre d'étages d'un bâtiment dont le champ présent dans la BDTPO n'est pas toujours renseigné. L'information est donc reconstruite à partir de la hauteur du bâtiment. Cette hauteur est divisée par la hauteur théorique d'un étage, 3 mètres, ce qui donne une approximation du nombre d'étages. Au besoin, cette donnée peut être modifiée avec les données terrains des chargés d'études.

Nous allons dans cette partie nous concentrer sur l'élaboration des trois plus grandes requêtes de construction d'informations créées.

Les critères de classification des niveaux de risques des bâtiments diffèrent selon leurs usages (Voir annexes A, B , C). La première étape du processus d'attribution des besoins en eau d'un bâtiment consiste par conséquent à déterminer son type.

Les habitations, les bâtiments agricoles, les campings et les aires d'accueil peuvent être identifiés de deux manières. Soit grâce au champ 'Usage1' de la BDTOPO qui permet d'indiquer si l'usage principal d'un bâtiment est agricole, commercial, industriel, religieux, sportif ou résidentiel. Soit grâce au toponyme des entités présentes dans la table des ZAI¹⁸ et des données OpenStreetMap, comme expliqué dans la présentation des données¹⁹.

Identifier les ERP²⁰ est cependant plus compliqué. En effet, dans la BDTOPO, les ERP sont représentés sous forme d'un ponctuel situé à l'emplacement d'un accès de secours du bâtiment, son entrée principale ou à la localisation de sa plaque d'adresse. Ces ponctuels sont liés à un bâtiment par l'intermédiaire d'un champ contenant l'identifiant de leur bâtiment. Dans la réalité, pour les données présentes sur le département des Alpes-haute-Provence, ce champ n'est pas renseigné. Il faut donc relier les ERP à leur bâtiment par l'intermédiaire d'une requête spatiale.

Dans les cas où le point de l'ERP est situé sur l'emprise du bâtiment, une simple intersection spatiale à l'aide de la fonction 'St_Intersects'²¹ permet de relier l'ERP à son bâtiment. Cependant, dans la majorité des cas, les géométries sont localisées au niveau de l'adresse de leur bâtiment. Cette adresse est le plus souvent située au niveau du réseau routier, en dehors de la parcelle du bâtiment. Il n'est donc pas possible de relier tous les points des ERP aux bâtiments en utilisant simplement une intersection spatiale. ou en les reliant directement au bâtiment le plus proche, car le risque d'erreur est élevé.

En effet, si le ponctuel représentant un ERP est localisé au niveau de la plaque d'adresse d'un bâtiment, le point sera situé au bord de la route. Or, si le bâtiment de cet ERP est reculé par rapport au réseau routier, le bâtiment le plus proche de ce point sera donc peut-être un bâtiment situé de l'autre côté de la route. En reliant le point de l'ERP à son bâtiment le plus proche, on risque donc de le relier au mauvais bâtiment. Comme il est possible de le voir dans le schéma ci-dessous, l'utilisation de la parcelle du bâtiment, permet de limiter le risque d'attribuer un ERP au mauvais bâtiment.

18. Zone d'Activité et d'Intérêt

19. Cf. partie 2.2

20. Etablissement Recevant du Public

21. Fonction PostGIS permettant de tester si deux géométries s'intersectent, c'est-à-dire si elles ont au moins un point en commun. Source : ST_Intersects. (s. d.). https://postgis.net/docs/en/ST_Intersects.html

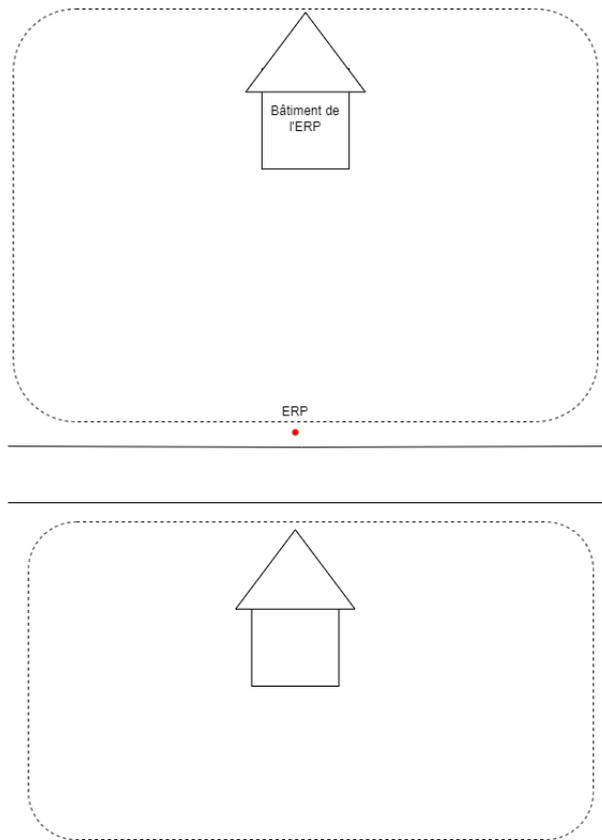


FIGURE 10 – Schéma explicatif de la liaison des géométries ponctuelles d’ERP à leur bâtiment

Par conséquent, je cherche à relier chaque ERP à la parcelle qui lui est la plus proche. Je sélectionne donc pour chaque ERP le point le plus proche du réseau parcellaire dans un rayon de 20 mètres. Une fois les ponctuels reliés à une parcelle, une intersection spatiale permet de les relier aux bâtiments et ainsi de déterminer si un bâtiment est un ERP et, le cas échéant, quel est son type (Figure 11).

Liaison des ERP à leurs bâtiments

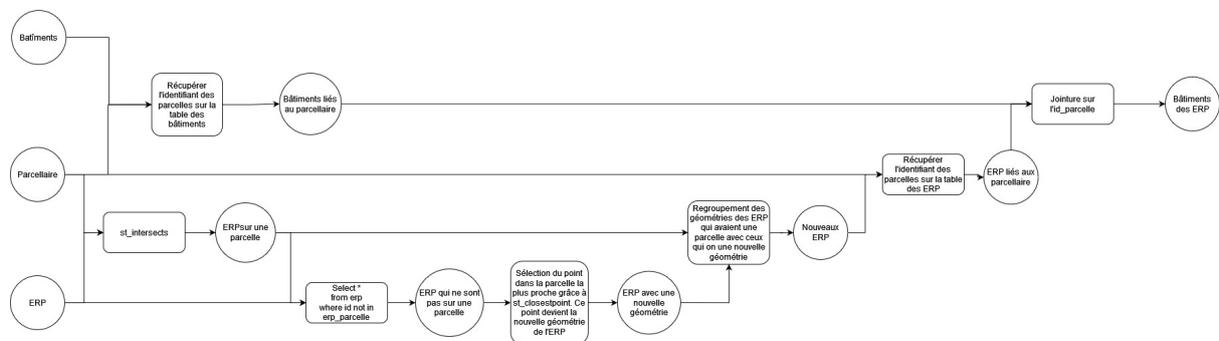


FIGURE 11 – Diagramme explicatif de la requête de liaison des géométries ponctuelles d’ERP à leur bâtiment

Cette méthode présente cependant un défaut majeur. En procédant ainsi, on applique à tous les bâtiments au sein d'une même parcelle, quel que soit leur usage, un type d'ERP. Si une vérification manuelle sur les petites communes, peut être réalisée dans un second temps par les chargés d'études, ce n'est cependant pas possible pour de grandes communes.

Pour contrer les limites de l'automatisation, on applique toujours la réglementation la plus défavorable possible aux bâtiments. Ainsi, aucun risque n'est sous-estimé. De ce fait, on considère qu'il est préférable d'appliquer une réglementation d'ERP, plus stricte, à une habitation, plutôt que de sous-évaluer le risque du bâtiment. Une modification manuelle de ce diagnostic automatique est possible une fois l'exécution du premier plugin terminé, à l'aide de formulaires QGIS. Dans le cas où plusieurs types d'ERP sont appliqués à un même bâtiment, la réglementation la plus sévère est appliquée.

La deuxième grande requête SQL à construire concerne la définition du degré d'isolement d'un bâtiment (Voir annexes K, L). Dans le Règlement Départemental de la Défense Extérieure Contre l'Incendie du département des Alpes-Haute-Provence, trois degrés d'isolement sont définis (Figure 12) :

- Isolé : le bâtiment est distant de plus de 8m d'autres bâtiments
- Jumelé : le bâtiment est situé à moins de 8m d'un autre bâtiment
- En bande : le bâtiment est distant de moins de 8m d'au moins deux autres bâtiments.

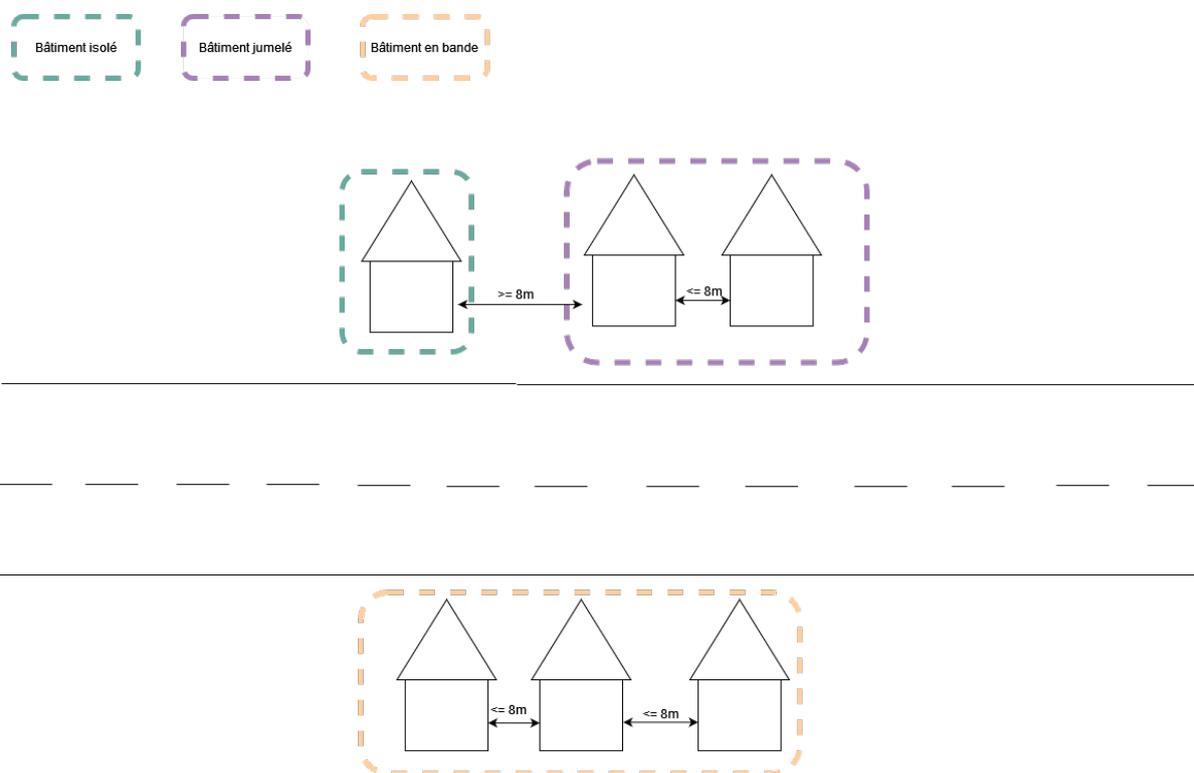


FIGURE 12 – Schéma explicatif des différents degrés d'isolement

Pour construire cette donnée, je répartis ainsi les bâtiments en clusters spatiaux de 8m de

distance grâce à la fonction 'St_ClusterDBScan'²² (Voir annexe K). Cette fonction permet de regrouper des géométries en fonction de leur proximité en attribuant un numéro de groupe à chaque géométrie. Le nombre de géométries présentes dans un groupe permettent ensuite de déterminer le degré d'isolement du bâtiment. Par exemple, si un bâtiment donné se situe dans un cluster d'une seule entité, alors on peut en conclure que ce bâtiment est isolé.

Ces deux requêtes permettent ainsi de construire une donnée nécessaire à l'application des classifications. Contrairement à ces dernières, la requête qui suit est, elle, exécutée dans le second plugin. Pour rappel, le deuxième plugin a pour but de vérifier si les poteaux incendies déployés sur la commune couvrent les besoins en eau des constructions du territoire.

Pour pouvoir protéger un bâtiment, les poteaux incendies dont le volume disponible et le débit sont suffisants pour l'éteindre doivent se situer à proximité du bâtiment à risque. Le RDDECI définit ainsi, pour chaque niveau de risque, une distance maximale à respecter entre le premier poteau incendie protégeant un bâtiment et son entrée principale. Cette distance peut être de 100, 200 ou 400m. La distance entre l'ensemble des poteaux incendie protégeant une construction est également réglementée à 200 ou 400m.

Pour respecter cette réglementation, il faut donc connaître la distance entre les poteaux incendies et les constructions. Pour ce faire, la création d'isodistances²³ est nécessaire.

Après une période de prise en main de l'outil, j'utilise pour la création des isodistances l'extension PGRouting²⁴ dont l'une des fonctionnalités est la création de zone de desserte. Sa fonction de calcul d'isodistance nécessite cependant d'avoir un réseau routier topologiquement propre, qui relie chaque point de départ (le PEI) au point d'arrivée. La première étape consiste ainsi à relier les constructions concernées par le RDDECI au réseau routier accessible par les secours. Pour le département du Gard, le réseau routier dans son entièreté a été complété en reliant un centroïde créé sur le bâtiment au tronçon de route le plus proche.

Cette méthode, efficace, présente cependant quelques limites. Un bâtiment peut être relié à la route la plus proche de sa géométrie, mais qui est cependant éloignée des entrées accessibles aux secours (Figure 13). Les isodistances créées sur ces réseaux en sont donc moins précises. J'ai par conséquent exploré la possibilité d'améliorer la précision de ce calcul à l'aide de données ouvertes.

22. ST_ClusterDBSCAN. (s. d.).https://postgis.net/docs/en/ST_ClusterDBSCAN.html

23. Calcul des lieux accessibles depuis un point selon une distance donnée

24. Extension PostGIS ajoutant des fonctionnalités de routage et d'analyse de réseau.

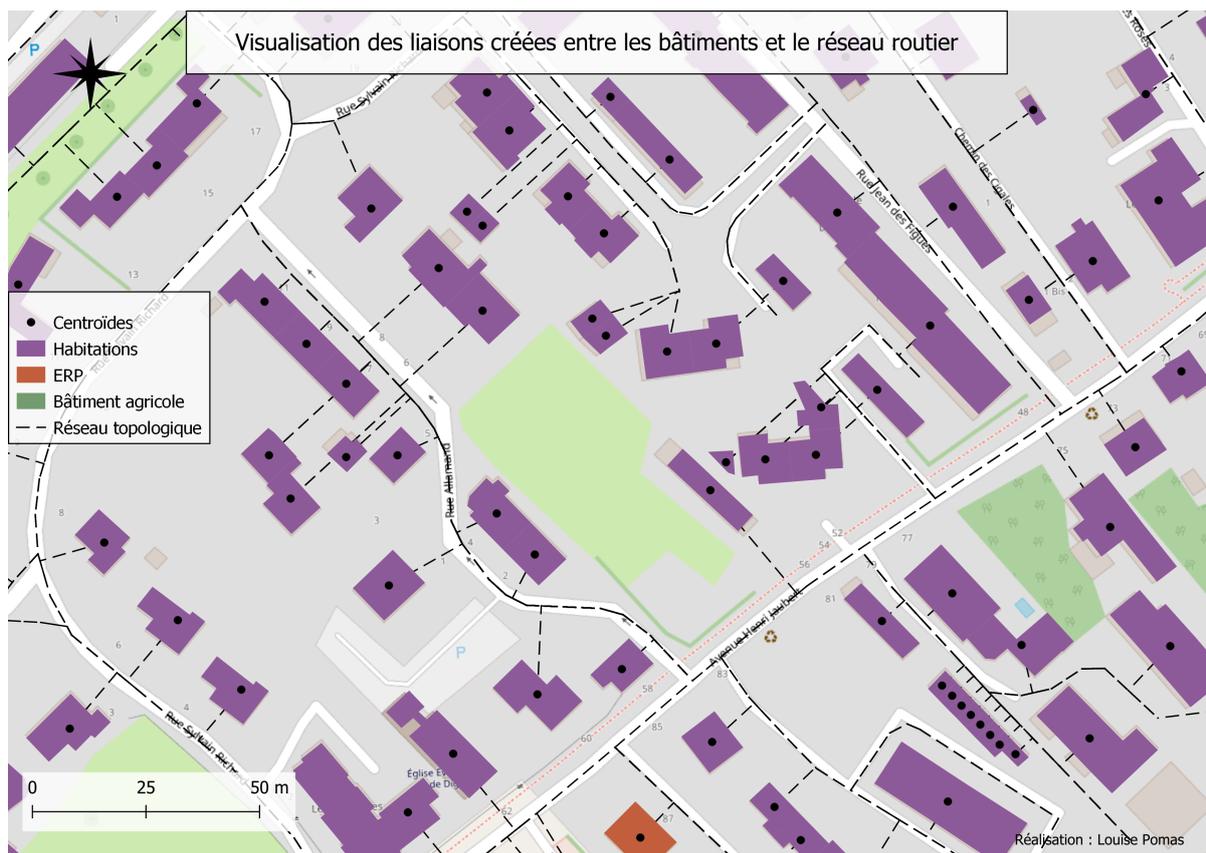


FIGURE 13 – Schéma explicatif des différents degrés d'isolement

Selon le descriptif de la BDTPOPO, un champ "type de localisation" indique si la géométrie ponctuelle d'un ERP est placée sur l'entrée principale du bâtiment ou une issue accessible aux secours. Ce champ pourrait permettre d'améliorer la précision du calcul des isodistances. Cependant, ce champ n'est renseigné sur aucun des ERP du département du 04.

Les clés OpenStreetMap permettant de localiser l'entrée d'un bâtiment²⁵ ne semblent également pas être utilisées. Il semble donc qu'aucune donnée ouverte ne permette d'améliorer la précision de la construction du lien entre les bâtiments et le réseau routier.

De ce fait, j'adapte la requête créée par le service géomatique pour le département du Gard en ajoutant la possibilité aux chargés d'études de renseigner manuellement certaines informations avant de lancer l'exécution du deuxième plugin (Figure 14). D'une part en indiquant quelles routes sont impraticables par les engins du SDIS en décochant une case du formulaire de la table des tronçons de routes.

25. Les valeurs de ces clés sont `entrance`, `addr` ou `building=entrance`

FIGURE 14 – Interface du formulaire des tronçons de route

D'autre part, en reliant par eux-mêmes les bâtiments importants tels que les ERP au réseau routier.

Un centroïde est donc créé sur les bâtiments à l'aide de la fonction "ST_PointOnSurface" uniquement lorsque ce dernier n'intersecte aucune partie du réseau routier. Ce point est ensuite relié au tronçon de route le plus proche en générant la ligne la plus courte entre le centroïde et le réseau routier ("ST_ShortestLine") puis en ajoutant un nouveau vertex ("ST_Snap") sur le réseau routier existant (Voir annexe Q). Chaque nœud des segments porte l'identifiant de la construction qu'il relie.

La réparation inégale des vertex du réseau routier a un impact sur la création des isodistances. En effet, pour créer les isodistances, on utilise la longueur d'un tronçon comme valeur de coût. De ce fait, si la longueur d'un tronçon est trop grande, il ne sera pas inclus dans l'isodistance. Pour visualiser la distance couverte par les PEI de manière précise, il faut donc que les segments composants le linéaire du réseau routier soient plus petits. Pour y remédier, on modifie l'emplacement des vertex de façon à ce que leur espacement soit régulier (Figure 15). Pour ce faire, on compte le nombre de sommets présents sur une ligne ("ST_Npoints") puis on attribue un numéro à chaque sommet à l'aide de la fonction "generate_series()" pour garder l'ordre originel des segments. Les lignes sont de fait recréés dans le même ordre (Voir annexe R).



FIGURE 15 – Capture d'écran de la répartition des vertex sur le réseau routier avant et après modification

Une fois l'ensemble du réseau créé, la fonction "pgr_createTopology" de PGRouting me permet de créer le réseau topologiquement correct nécessaire à la création des isodistances. L'utilisation de la fonction "pgr_drivingdistance" permet ensuite de créer des isodistances à partir des PEI pour toutes les distances définies dans la réglementation, soit 100, 200 et 400m. Les identifiants des bâtiments, campings et poteaux incendies stockés sur les nœuds couverts par les isodistances sont agrégés en listes qui servent de base aux fonctions appelées dans le deuxième plugin.

L'ensemble des requêtes de l'analyse de DECI est maintenant créées, nous pouvons à présent passer à l'automatisation du processus

2.3 Automatisation de l'analyse à travers les plugins

La création des différentes isodistances marquait la dernière étape avant de disposer de toutes les informations nécessaires à la détermination du niveau de protection du bâtiment. Cette analyse de niveau de protection des bâtiments nécessite l'utilisation de plusieurs boucles. L'emploi d'un langage procédural est donc plus adaptée à la création de ce type d'analyse que le SQL.

De ce fait, deux fonctions en pl/python²⁶ ont été créées dans la base de données pour analyser la couverture des bâtiments à partir des isodistances créées dans la précédente étape. Elles

26. Langage procédural installé avec l'extension PostgreSQL plpython3u permettant de créer des fonctions et des procédures PostgreSQL en python

sont ensuite appelées dans une vue regroupant l'ensemble des informations des besoins en eau des bâtiments et qui formate les données nécessaires à leur fonctionnement en amont de leurs appels.

La première fonction, 'deci04_looking_pei' a été adaptée à partir d'une fonction créée par le service géomatique pour le département du Gard. Elle permet de vérifier que les bâtiments sont protégés par des Point d'Eau Incendie.

Pour cela, la fonction prend pour arguments les besoins en eaux du bâtiment (débit, durée, distance et nombres de PEI, etc..) ainsi que deux JSON²⁷ :

- L'un contenant la liste des PEI situés à moins de 400m du bâtiment avec leurs débits, volumes, identifiant du réservoir auquel il est relié et sa distance avec le bâtiment
- L'autre la liste des réservoirs et de leurs capacités

Cette fonction fonctionne sous le principe d'un algorithme du sac à dos inversé. Tandis que l'algorithme du sac à dos cherche à sélectionner un maximum d'objets à mettre dans un sac à dos sans dépasser la limite de poids, l'algorithme utilisé ici cherche à sélectionner les PEI qui permettent de remplir les besoins en eaux minimum des bâtiments pour que ces derniers soient considérés comme protégés. La fonction 'deci04_looking_pei' retourne ainsi, pour chaque bâtiment, un code indiquant son niveau de protection :

- P pour protégé, lorsque des PEI situés dans la distance autorisée peuvent couvrir le volume et le débit requis pour protéger le bâtiment,
- C pour couvert, lorsque les besoins du bâtiment sont couverts en partie par des poteaux incendie situés à proximité,
- NP pour non protégé lorsque qu'aucun PEI n'est situé à proximité du bâtiment

Le JSON retourné contient également la liste des PEI qui protègent ou le couvrent partiellement le bâtiment et, le cas échéant :

- Si le bâtiment est considéré comme couvert partiellement : le débit et le volume manquant pour que le bâtiment soit considéré comme entièrement protégé.
- La raison pour laquelle le bâtiment n'est pas considéré comme protégé ou couvert

En raison du temps de développement qui m'est imparti, limité par la durée du stage et la nécessité de mettre rapidement ces outils à disposition, les fonctions développées ne peuvent pas prendre en compte tous les cas particuliers prévus dans la réglementation.

Par exemple, la réglementation attribue à chaque niveau de risque une distance maximale entre le premier PEI et l'entrée principale du bâtiment protégé. Cette partie de la réglementation est en revanche plus développée pour la protection des bâtiments agricoles. La réglementation de ces derniers définit deux autres critères de distances. L'une concerne la distance entre le

27. Format écrit en Javascript permettant de stocker de la donnée non-structurée sous forme de tableaux

deuxième PEI et l'entrée du bâtiment, l'autre la distance pour les PEI suivants.

La réglementation spécifie également le nombre minimum de PEI qui doivent protéger un bâtiment. Néanmoins, dans certains cas, les besoins en eaux d'un bâtiment peuvent être couverts par un nombre de PEI inférieur à la réglementation. Après concertation avec les chargés d'études, il a donc été décidé de créer des alertes informant des points de vérifications à effectuer. Ces alertes sont retournées par la fonction 'deci04_looking_pei'

La fonction 'deci04_looking_pei' devrait idéalement tester que la distance entre les PEI qui protègent un bâtiment respecte la réglementation et, dans le cas contraire, chercher une autre combinaison de PEI pour protéger le bâtiment. Cependant, l'exécution d'une telle fonction prendrait beaucoup de ressources pour son exécution. De plus, la création de ce type de fonction est plus complexe que celle actuellement mise en place et nécessiterait plus de temps de développement.

En accord avec les chargés d'études, il a par conséquent été décidé de créer une fonction séparée qui retourne un champ booléen indiquant si les PEI qui protègent à un bâtiment donné respectent la distance établie dans la réglementation.

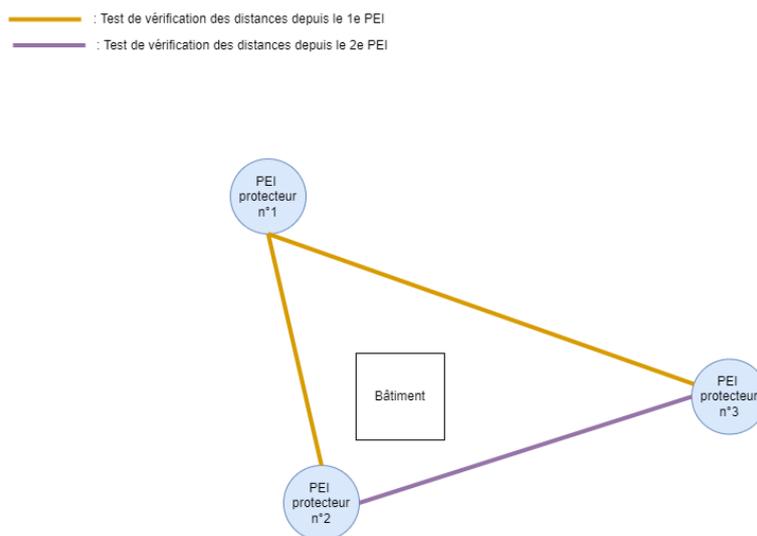


FIGURE 16 – Schéma explicatif du fonctionnement de la fonction deci04_verif_dist_max_pei

Cette fonction, 'deci04_verif_dist_max_pei', vérifie ainsi que le critère de distance maximum défini entre deux points d'eau incendie couvrant un même bâtiment est respectée (Figure 16) à partir de trois arguments :

- L'identifiant du bâtiment
- La distance maximum autorisée entre les PEI qui le protège
- Un JSON contenant pour chaque PEI protégeant le bâtiment, les identifiants des PEI situés à 200 et 400m de ce PEI.

La fonction que j'ai créée (Figure 17) permet de ce fait de vérifier que chaque PEI situé dans le JSON est présent dans les isodistances des autres PEI.

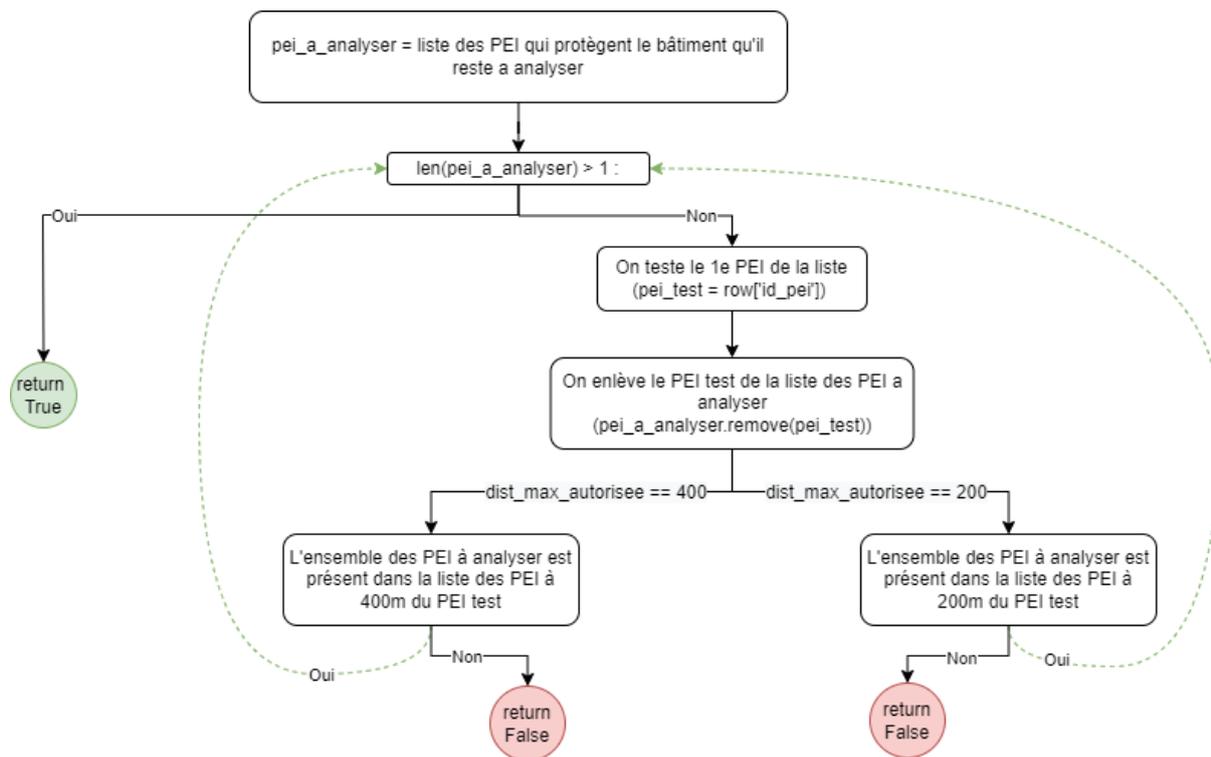


FIGURE 17 – Diagramme explicatif du fonctionnement de la fonction `deci04_verif_dist_max_pei`

Une fois les requêtes créées, leur lancement peut être automatisé à travers les plugins. Pour cela, j’adapte la structure des plugins créée par le service géomatique pour la DECI du Gard. La base de cette structure a été créée à l’aide du "Plugin Builder"²⁸, qui permet de générer un modèle de départ pour la création d’un plugin QGIS. Pour la création des interfaces, nous utilisons l’API QGIS²⁹ qui est importée avec le reste des libraires au début du fichier du plugin.

Cette API permet entre autres de créer les menus déroulants et les plages de valeurs des paramètres définis dans la méthode `InitAlgorithm` qui permet de configurer les paramètres et les sorties du plugin (Voir annexes T, U). Ces paramètres modifiables ont été définis avec les chargés d’études, en fonction de leurs besoins. Une valeur par défaut leur est tout de même attribuée. La méthode `InitAlgorithm` permet également de créer dans l’interface de chaque plugin une documentation à destination de l’utilisateur détaillant, sa fonction, les pré-requis avant de lancer le plugin, ses données en entrées et ses données en sortie (Figure 18). Cette donnée sera complétée au terme de mon stage par une documentation plus détaillée déposée en ligne sur un dépôt Cereg.

28. Plugin QGIS. Plugin Builder — QGIS Python Plugins Repository.<https://plugins.qgis.org/plugins/pluginbuilder3/>

29. 16. Développer des extensions Python — documentation QGIS documentation. (s. d.).https://docs.qgis.org/3.10/fr/docs/pyqgis_developer_cookbook/plugins/index.html

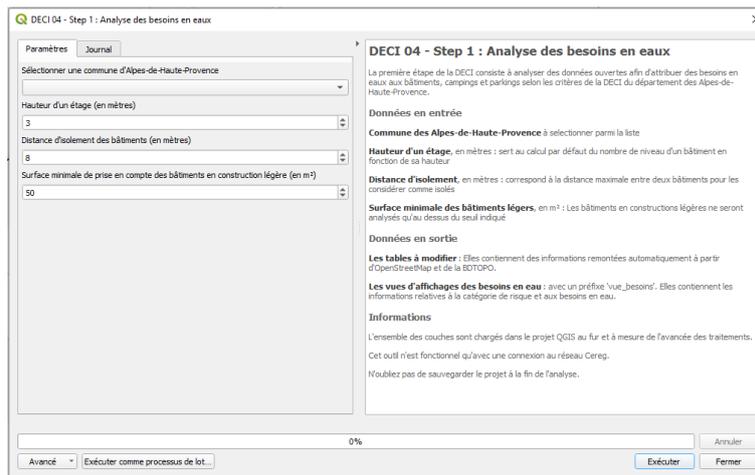


FIGURE 18 – Interface du premier plugin, dédié à l’analyse des besoins en eau des constructions

Appuyer sur le bouton "Exécuter" de l’interface lance ensuite l’exécution de la méthode processAlgorithm. Cette méthode se connecte à la base de données, lance la création de requête à partir des paramètres rentrés puis charge les résultats dans QGIS

Les erreurs d’exécution, telles que le lancement d’une analyse sur une table vide ou sur des tables issues de schémas différents, donnent lieu à l’arrêt de l’exécution du plugin et l’envoi d’un message d’erreur à l’utilisateur (Figure 19).

```

provider : postgres
schema : test2_deci04_digne_les_bains
Something wrong happen
Les débits des potaux incendie sont vides. Veuillez les compléter.
Execution failed after 0.46 secondes

```

FIGURE 19 – Exemple de message d’erreur paramétré au sein des plugins

Ce journal des messages n’est pas seulement paramétré pour l’affichage des messages d’erreurs lorsqu’elles se produisent. Pour une meilleure "expérience utilisateur", des messages sont envoyés dans le journal d’exécution au début du lancement de l’exécution de chaque étape afin que les utilisateurs des plugins puissent suivre l’avancée des traitements (Figure 20).

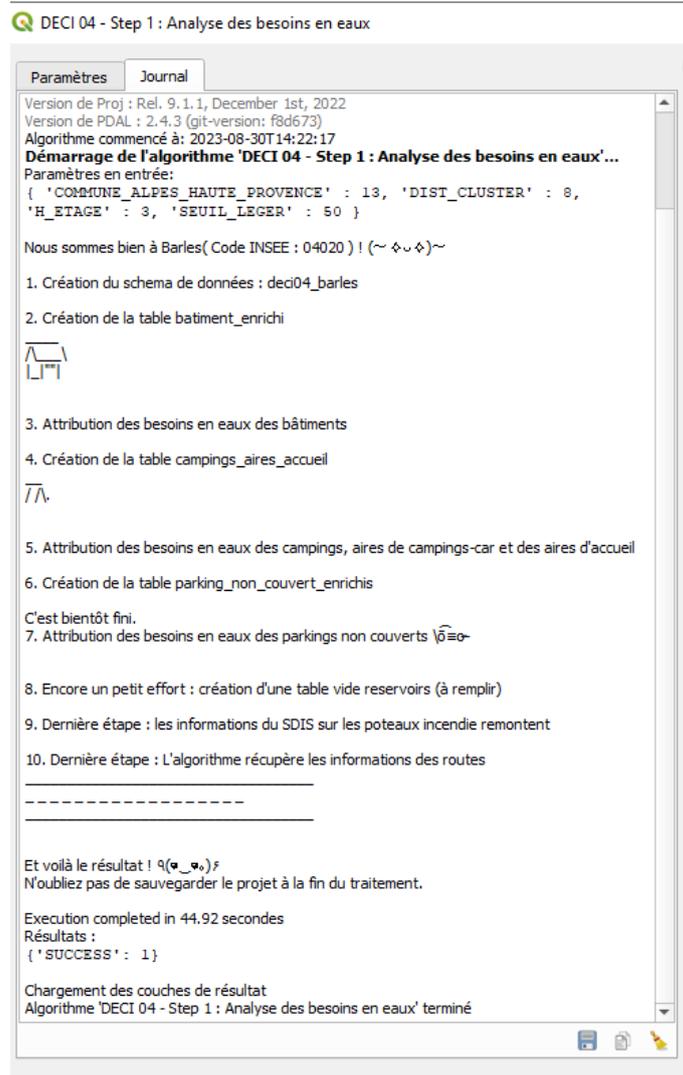


FIGURE 20 – Journal d’exécution du premier plugin

Au fur et à mesure de l’exécution des requêtes, les couches sont automatiquement chargées dans le projet QGIS avec un style de couche. Ces styles servent d’aide à la décision et n’ont pas de visée cartographique (Figure 21). Ils permettent d’attirer l’attention des utilisateurs lorsque des données sont à compléter ou à vérifier et de facilement visualiser les caractéristiques des bâtiments(Voir annexe V).

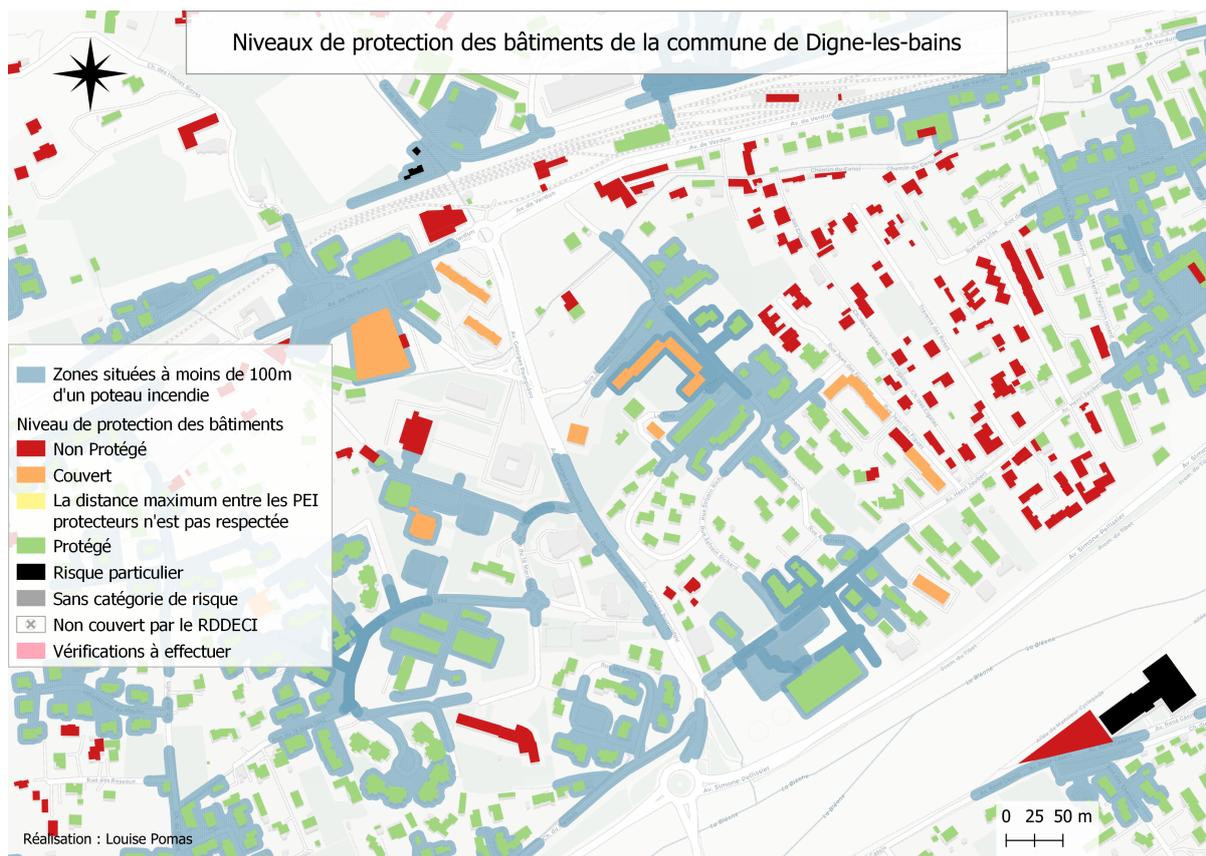


FIGURE 21 – Symbologie appliquée à la vue définissant le niveau de protection des bâtiments

3 Une mission annexe : l'automatisation des calculs d'indices hydrobiologiques

3.1 La problématique des diagnostics des milieux aquatiques

L'une des missions de l'agence de Nantes, où s'effectue mon stage, concerne la réalisation de Programme Pluriannuel de Gestion des milieux aquatiques (PPG)³⁰. Ces programmes, commandés par des intercommunalités et des syndicats de bassins versants, permettent d'actualiser le plan d'action de préservation et d'amélioration de la qualité de l'eau des milieux aquatiques présents sur un bassin versant donné. Ceci afin de correspondre aux objectifs fixés par le SDAGE³¹, un outil de planification visant à assurer la gestion de la ressource et des écosystèmes aquatiques, à l'échelle des grands bassins hydrographiques conformément à la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)³².

Dans le cadre de la DCE, les milieux aquatiques sont découpés, pour leur évaluation, en

30. Le guide méthodologique pour les PPG (s. d.). Agence de l'eau Adour-Garonne. <https://eau-grandsudouest.fr/actualites/guide-methodologique-pour-ppg-est-disponible>

31. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

32. Cadre Européen de l'Eau

plusieurs unités appelées masses d'eau³³ :

- Les masses d'eau souterraines
- Les masses d'eau superficielles dont font partie les cours d'eau

La première partie des PPG se concentre sur le diagnostic de l'état actuel des milieux aquatiques. Pour ce faire, plusieurs indices chimiques et écologiques (Figure 22) sont prélevés dans des stations situées à côté des masses d'eau.

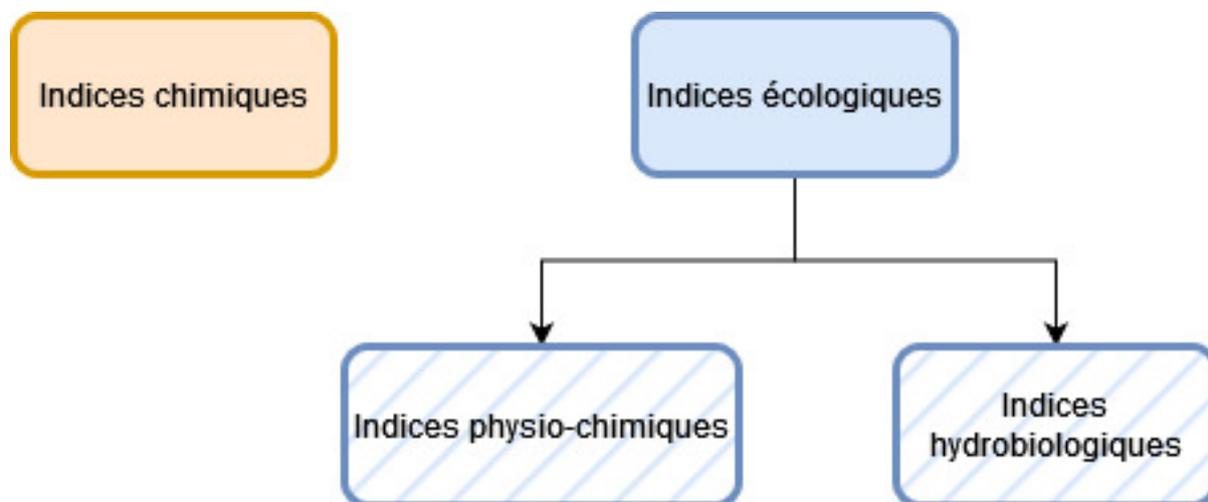


FIGURE 22 – Indices permettant d'évaluer la qualité d'un cours d'eau

Des arrêtés déterminent ensuite la classification de l'état des masses d'eau selon les valeurs de ces indices. Afin de poser un diagnostic, les chargés d'études ont besoin de connaître l'état de la masse d'eau par année sur les différentes localisations des stations de prélèvements qui leur sont liées.

Les valeurs des indices données par les stations de prélèvements ne sont cependant disponibles que sous forme de tableau de valeurs brutes dont le format est difficile à appréhender. Si des synthèses de l'état d'une masse d'eau par stations existent, elles sont difficiles à trouver³⁴ et à naviguer. Les chargés d'études doivent donc analyser des centaines de données pour déterminer l'état d'un bassin versant.

Afin de réduire le temps d'analyse de ces données, l'agence de Nantes a donc mis en place un outil, sous forme de tableau Excel, pour faire ressortir l'état physico-chimique d'une masse d'eau superficielle de type cours d'eau par station de prélèvement sélectionnées. Cet état peut être défini comme :

- 5 - Mauvais
- 4 - Médiocre

33. Source : Masse d'eau, Répertoire des données publiques sur l'eau. (s. d.). <https://data.eaufrance.fr/concept/masse-deau>

34. Un exemple de synthèse des données : SIEAG - portail des données sur l'Eau du bassin Adour-Garonne. (s.d.). <https://adour-garonne.eaufrance.fr/massedeau/FRFR151>

- 3 - Moyen
- 2 - Bon
- 1 - Très bon

Cet outil permet également de regrouper en un seul endroit les analyses de toutes les stations de prélèvements d'une masse d'eau cours d'eau, et de les formater dans un format directement utilisable dans les rapports, faisant ainsi gagner du temps de recherche aux chargés d'études (Figure 23).

Station 06193700 - VISTRE A ST-LAURENT-D'AIGOUZE														
Informations sur la station														
Type de station	RCD - RCS													
Date de création	01/01/1900	Etat		En fonctionnement										
Période de données physico-chimique	11/01/2000 - 27/12/2022													
Période de données hydrobiologie	26/07/2007 - 12/10/2022													
Masse d'eau et cours d'eau associé														
Masse d'eau	DR1901													
Cours d'eau														
Localisation														
Département	Gard													
Commune	Saint-Laurent-d'Aigouze													
Station 06193700 - VISTRE A ST-LAURENT-D'AIGOUZE														
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	entile 90 période 2012-2021	Etat général du paramètre	
Bilan de l'oxygène	Oxygène dissous (mg(O2)/L)	4,41	4,08	4,6	5,25	4,43	4,18	4,2	3,6	4,82	4,7	4,45	4,22	MOY
	Taux de saturation en O2 (%)	50,2	49,41	53,86	59,4	49,19	48,69	48,3	45,00	51,13	57,00	50,00	49,00	MED
	DBO5 (mg(O2)/L)	2,93	2,37	2,56	2,07	2,17	4,00	1,8	2,2	2,00	2,1	2,58	2,3	TBE
	D.C.O. (mg(O2)/L) *	16,9	15,9	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	22,7	10,00	11,3	14,9	TBE
	Carbone Organique (mg(C)/L)	4,08	4,32	5,28	3,88	5,14	4,3	3,8	5,75	5,38	5,82	4,7	5,54	BON
	Etat : Bilan de l'oxygène	MOY	MED	MOY	MOY	MED	MED	MED	MED	MOY	MOY	MED	MED	
Température	Température de l'Eau (C) - eaux salmonicoles	24,8	24,13	22,7	22,09	24,74	24,00	23,8	25,5	25,67	27,1	26,78	25,9	MED
	Température de l'Eau (C) - eaux cyprinicoles	24,8	24,13	22,7	22,09	24,74	24,00	23,8	25,5	25,67	27,1	26,78	25,9	MOY
	Etat : Température	MOY	MOY	MOY	MOY	MOY	MOY	MOY	MED	MED	MED	MED	MED	
Nutriments	Orthophosphates (mg(P04)/L)	0,32	0,38	1,03	0,73	1,29	1,14	0,99	1,00	0,86	1,6	1,04	1,16	MED
	Phosphore total (mg(P)/L)	0,35	0,41	0,39	0,32	0,46	0,43	0,38	0,38	0,36	0,63	0,42	0,47	MOY
	Ammonium (mg(NH4)/L)	0,32	0,35	0,25	0,28	0,41	0,4	0,27	0,21	0,17	0,29	0,21	0,31	BON
	Nitrites (mg(NO2)/L)	18,42	15,53	18,45	18,29	18,63	14,7	17,6	18,9	17,66	17,00	19,4	18,3	BON
	Nitrates (mg(NO3)/L)	0,27	0,38	0,28	0,28	0,31	0,31	0,23	0,3	0,26	0,31	0,23	0,31	MOY
	Azote Kjeldahl (mg(N)/L)	0,35	0,3	1,08	0,73	0,99	0,87	0,8	0,97	0,85	0,82	0,74	0,88	TBE
	Etat : Nutriments	MOY	MOY	MED	MOY	MED	MED	MOY	MOY	MOY	MED	MED	MED	
Acidification	pH min (unité pH)	7,62	7,81	7,62	7,81	7,71	7,79	7,9	7,7	7,8	7,8	7,6	7,6	TBE
	pH max (unité pH)	8,00	8,04	8,00	8,00	7,99	7,91	8,00	8,00	7,9	8,00	8,00	8,00	TBE
	Etat : Acidification	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	
Autre	Conductivité (µS/cm)	2966,2	968,8	930,9	914,4	970,3	4 095	1020	1157	2 656	3 653	2 202	2 138	
	Matières en suspension (mg/L) *	45,4	32,9	27,6	36,7	27,00	23,3	36,00	37,00	24,8	27,3	29,4	35,8	BON
	Turbidité Néphélométrique [NFU] *	35,8	31,8	28,6	36,7	45,00	21,5	35,00	18,00	27,4	22,00	32,6	33,8	BON
Etat physico chimique général sur l'année (hors paramètre de la classe "autre")														
	MOY	MED	MED	MOY	MED	MED								
<i>* classe de qualité définie par SEQ-eau Y2</i>														
Légende :														
	TBE	BON	MOY	MED	MED									
	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre										

FIGURE 23 – Extrait de FAQE, l'outil d'analyse des indices écologiques

Cet outil interroge en VBA³⁵ des données intégrées dans une base de données Cereg à partir d'une API "Hydrobiologie" de Hub'eau³⁶.

Ma mission consiste à traduire dans un format exploitable en base de données les classifications des indices hydrobiologiques utilisés pour établir l'état d'un cours d'eau³⁷ définies dans l'arrêté du 25 janvier 2010. Puis de créer en SQL, à partir des données de l'API Hub'eau et de données du Service d'Administration National des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE), un tableau croisé dynamique attribuant pour chaque indice un état annuel. La requête de création de ce tableau sera, par la suite, intégrée dans l'outil existant par mon collègue.

35. Le VBA est un langage de programmation intégré à la suite Microsoft Office

36. Hydrobiologie | Hubeau. (s. d.).<https://hubeau.eaufrance.fr/page/api-hydrobiologie>

37. Ces indices sont l'IBD, l'I2M2, l'IBMR et l'IPR.

Deux arrêtés posent le cadre d'évaluation des masses d'eau cours d'eau. Le premier, l'arrêté du 12 janvier 2010³⁸, établit une typologie des masses d'eau cours d'eau selon leurs tailles et les hydro-écorégions qu'ils traversent. (Voir annexe W). Comme nous pouvons le voir ci-dessous, la France est en effet divisée en hydro-écorégions de deux niveaux, des zones de bassins versants aux caractéristiques hydrologiques et écologiques similaires.

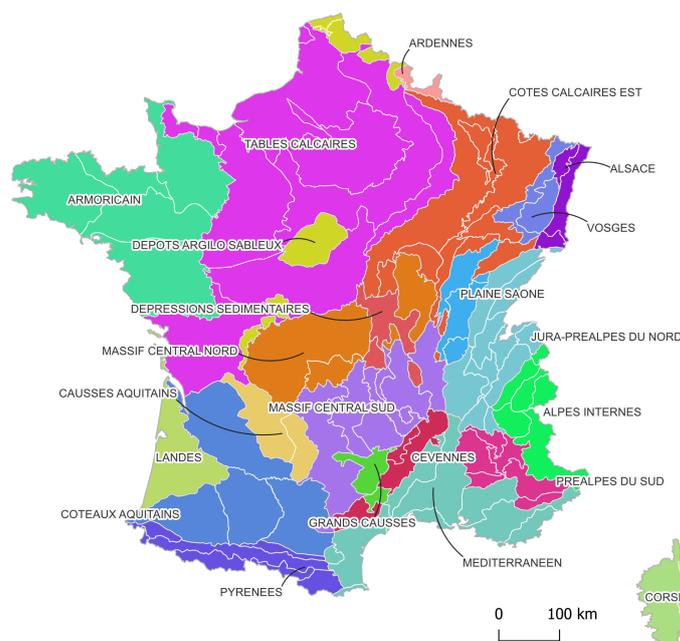


FIGURE 24 – Carte des hydro-écorégions de niveau 1. (Source : Atlas-Catalogue du Sandre)

La typologie définie dans l'arrêté attribue donc ainsi à chaque cours d'eau un code en fonction de ses caractéristiques. Par exemple, le code "TP12-A" signifie que le cours d'eau est de très petite taille et situé dans une hydro-écorégion de niveau 2 du centre ou du sud du plateau armoricain³⁹.

Ce code sert de base à l'application de la classification. Les valeurs de classes de chaque indice diffèrent en effet selon les caractéristiques des cours d'eau et donc du code qui leur est attribué. Ainsi, un cours d'eau qui traverse les tables calcaires et les dépôts argilo-sableux n'aura ni les mêmes caractéristiques écologiques ni les mêmes valeurs de classes qu'un cours d'eau présent uniquement dans les tables calcaires.

Le deuxième arrêté⁴⁰ définit, à partir des types de cours d'eau du premier arrêté, les mé-

38. Arrêté du 12 janvier 2010 relatif aux méthodes et aux critères à mettre en œuvre pour délimiter et classer les masses d'eau Et dresser l'état des lieux prévu à l'article R. 212-3 du Code de l'environnement - Légifrance. (s. d.). <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000021773857>

39. Hydro-écorégion de niveau 1

40. Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état

thodes d'évaluation de l'état des cours d'eau. Cette classification s'applique en calculant les moyennes annuelles des indices pondérés en EQR⁴¹ puis en les comparant aux tableaux de classifications (Voir annexe X). Ce calcul de pondération change selon les indices, mais est toujours calculé selon les valeurs de références et les valeurs minimales des prélèvements de chaque type de cours d'eau. Ces valeurs sont définies dans l'arrêté et utilisées pour calculer les EQR sein de la requête de création du tableau croisé dynamique.

3.2 Création de l'outil

Afin de traduire les arrêtés en format exploitable dans la base de données, chaque classification d'état des indices est transformée en table de classification. Pour ce faire, les codes de masse d'eau ayant les mêmes valeurs de classes sont regroupées (Figure 25). Les tables de classifications d'indices intégrées à la base de données s'appuient ensuite sur le numéro des groupes de valeurs (Figure 26).

abc_code_her_niv1	abc_type_me	abc_libelle_type_me	abc_taille_ce	123_groupe_i2m2	123_groupe_ibmr	123_groupe_ibd	123_groupe_ipr
20	GM20	Grand ou Moyen cours d'eau des Dépôts argilo-sableux	grand ou moyen	1	1	1	2
20	P20	Petit cours d'eau des Dépôts argilo-sableux	petit	1	2	1	2
20	TP20	Tres Petit cours d'eau des Dépôts argilo-sableux	tres petit	1	2	1	2
20	GM20_9	Grand ou Moyen cours d'eau des Dépôts argilo-sableux et exogene des Tables c	grand ou moyen	1	1	1	2
21	G21	Grand cours d'eau du Massif central Nord	grand	2	2	2	2
21	M21	Moyen cours d'eau du Massif central Nord	moyen	1	4	2	2
21	P21	Petit cours d'eau du Massif central Nord	petit	1	4	2	2
21	TP21	Tres Petit cours d'eau du Massif central Nord	tres petit	1	5	2	2
3	G3	Grand cours d'eau du Massif central Sud	grand	2	6	2	2
3	M3	Moyen cours d'eau du Massif central Sud	moyen	1	4	2	2
3	P3	Petit cours d'eau du Massif central Sud	petit	1	7	2	2
3	TP3	Tres Petit cours d'eau du Massif central Sud	tres petit	1	7	2	2
3	M3_19	Moyen cours d'eau du Massif central Sud et exogene des Grands Causses	moyen	2	3	1	2
3	M3_8	Moyen cours d'eau du Massif central Sud et exogene des Cévennes	moyen	2	4	2	2
3	G3_19-8	Grand cours d'eau du Massif central Sud et exogene des Grands Causses et/ ou c	grand	2	6	1	2
17	M17	Moyen cours d'eau des Dépressions sédimentaires	moyen	6	1	3	2

FIGURE 25 – Exemple de table de classification des types de masses d'eau et des groupes qui leurs sont associés (capture d'écran)

123_code_indice	123_groupe_ipr	<input checked="" type="checkbox"/> alti_500	123_limite_inf_incluse	123_limite_sup_excluse	123_code_etat	ABC_etat	123_id
7036	1	[]	5	16	2	Bon etat	1
7036	1	[]	16	25	3	Moyen	2
7036	1	[]	25	36	4	Mediocre	3
7036	1	[]	36	999 999	5	Mauvais	4
7036	1	[v]	5	16	2	Bon etat	5
7036	1	[v]	16	25	3	Moyen	6

FIGURE 26 – Exemple de table de classification réalisée (capture d'écran)

Comme nous pouvons le voir ci-dessus, certains des indices ne se basent pas seulement sur le code d'une masse d'eau pour établir leurs classifications.

Les valeurs des classes de l' Indice Poisson Rivière (IPR) par exemple, changent si la station de prélèvement se situe à plus de 500m d'altitude. Pour la bonne application de la classification, il faut donc déterminer quelles stations sont situées à ce niveau d'altitude. Pour ce faire,

chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement - Légifrance. (s. d.). <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000021865356>

41. Ecological quality ratio ou écart à la référence

j'ai, dans un premier temps, cherché à suivre la même méthodologie que celle utilisée pour l'intégration des aléas de feux de forêt, c'est-à-dire de délimiter à l'échelle nationale les zones dont l'altitude est supérieure à 500m à partir d'un d'un MNT. Au regard du nombre important de données à traiter, j'ai choisi d'utiliser pour ces tests le logiciel FME ⁴².

Les différents tests d'intégration de la donnée avec FME n'ont cependant pas été concluants (Figure 27). À la suite de ces tests, il a donc été décidé d'intégrer le MNT tel quel dans la base de données. Les valeurs d'altitudes des stations sont ensuite extraites grâce à la fonction de PostGIS raster ⁴³ "St_Value", qui permet de retourner la valeur d'une bande sur un point géométrique particulier.

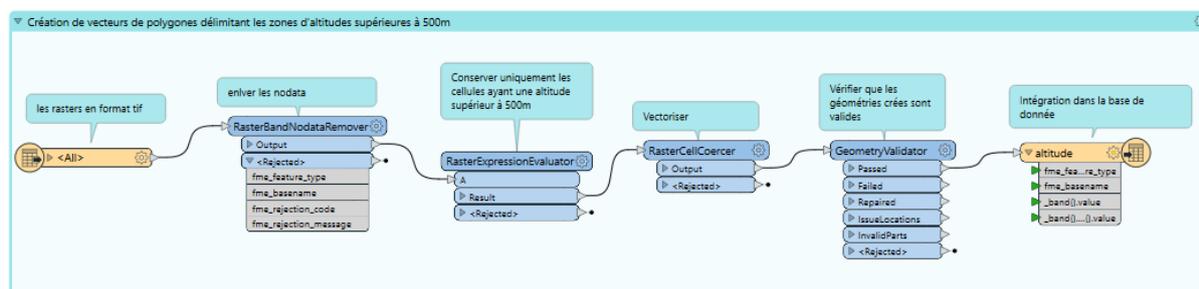


FIGURE 27 – Capture d'écran du projet FME utilisé pour l'un des tests de création de polygones délimitant les zones d'altitudes supérieures à 500m

Les critères nationaux de classifications des cours d'eau par taille diffèrent des critères européens. Ainsi, tandis que les très grand cours d'eau sont fixés en France par le SDAGE, l'Europe considère tout cours d'eau ayant un bassin versant d'une superficie supérieure à 10 000 km² comme un très grand cours d'eau.

Comme nous pouvons le voir ci-dessous, la classification de l'Indice Biologique Diatomées prend en compte cette différence et applique des valeurs de classes différentes pour les masses d'eau cours d'eau classées Très Grand Cours d'Eau selon la classification européenne.

Valeurs inférieures des limites de classe de l'IBD	Limites des classes d'état IBD en EQR			
	Très bon / Bon	Bon / Moyen	Moyen / Médiocre	Médiocre / Mauvais
Tous types de cours d'eau sauf TGCE > 10 000 km ² de bassin versant	0,94	0,78	0,55	0,3
Très grands cours d'eau ≥ 10 000 km ² de bassin versant (**)	0,92	0,76	0,52	0,26

Les valeurs d'EQR de l'IBD figurant dans ce tableau ont pris en compte la décision de la commission du 12 février 2018 relative à l'inter-étalonnage.

FIGURE 28 – Capture d'écran de la classification des valeurs des indices pondérés de l'IBD

42. ETL Spatial

43. Extension de PostGIS qui permet de stocker et d'analyser des rasters

La seule donnée géographique disponible de cette typologie européenne⁴⁴ à été intégrées à la base de données via FME (Figure 29). Elle présente cependant une géométrie très simplifiée qui a peu de similitudes avec le linéaire des géométries de SANDRE. Les champs présents dans la table de la donnée ne permettent pas de réaliser une jointure attributaire entre les deux données.

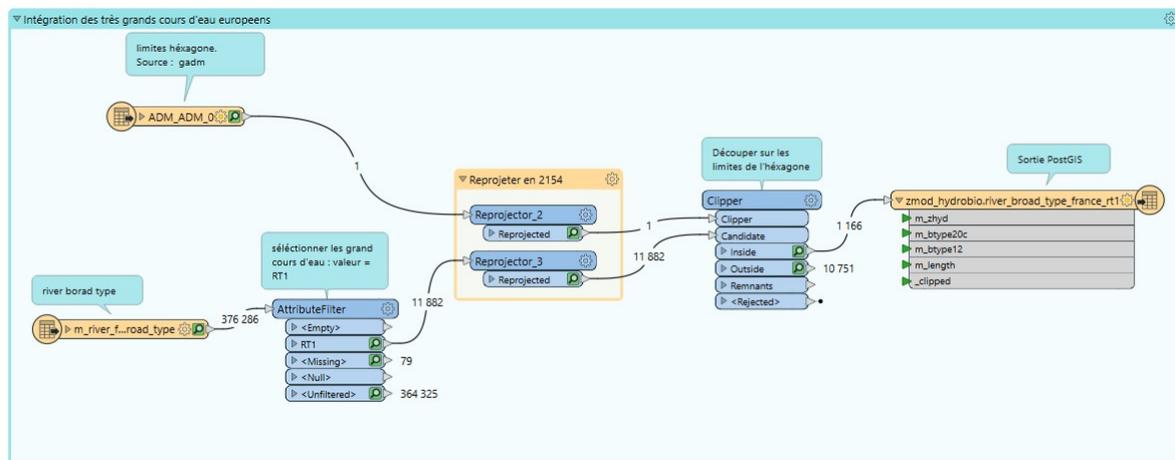


FIGURE 29 – Intégration de la donnée des très grands cours d’eau européens avec FME

Après observation, il s’avère que les cours d’eau concernés par cette classification européenne sont, selon la classification française, des grands-moyens à très grands cours d’eau. Les stations identifiées comme appartenant à la typologie européenne sont donc les stations de prélèvements associées à un grands-moyens à très grands cours d’eau situées à moins de 100m d’un Très Grand Cours d’Eau européen.

Afin que le temps de traitement sous Excel soit le plus rapide possible, les données sont préparées en amont de la requête. Les résultats des jointures donnant les valeurs d’altitude des stations, leur code de masse d’eau et leur appartenance à la classification européenne des très grand cours d’eau sont ainsi stockées dans des champs de la table contenant les géométries des stations.

Après cette phase de préparation de la donnée, on peut attribuer à chaque résultat d’indice de cours d’eau un état puis transformer le résultat en tableau croisé dynamique.

44. Globevnik, L. (2019). Broad typology for rivers and lakes in Europe for large scale analysis (Base de données) <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.908578?format=html>

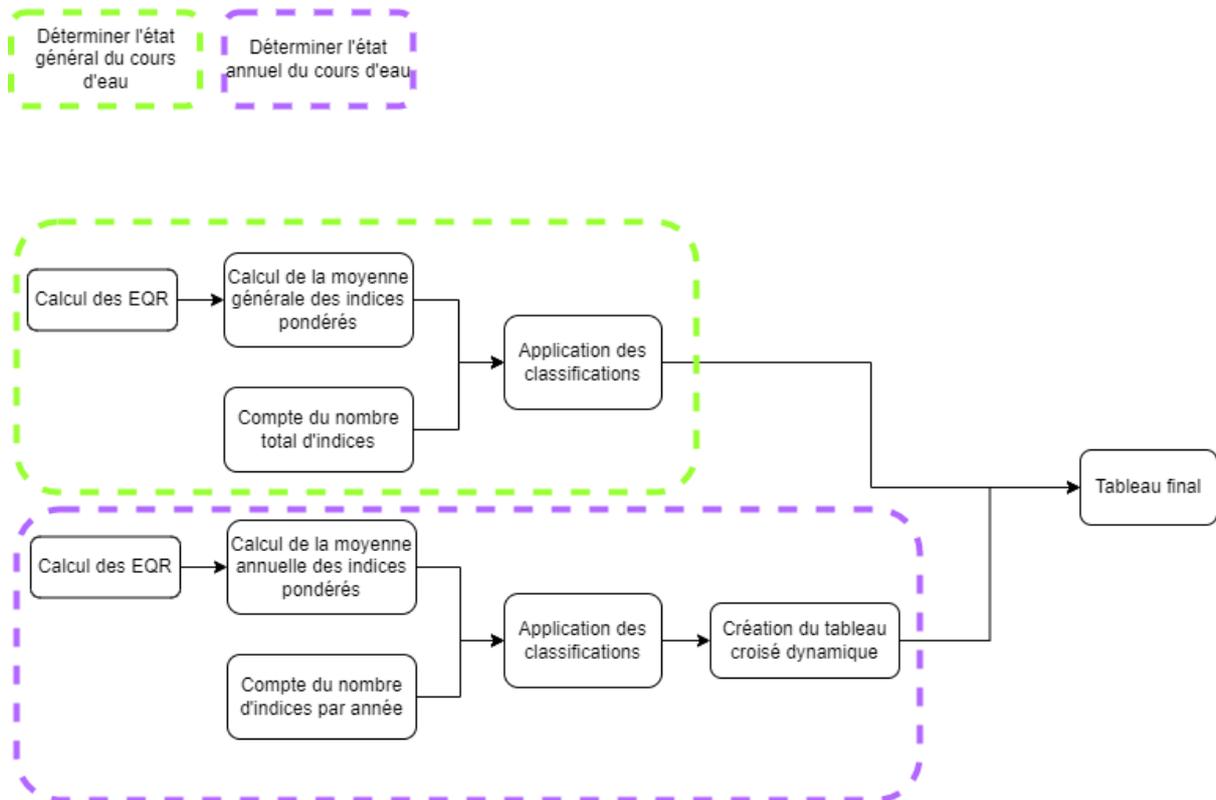


FIGURE 30 – Diagramme explicatif de la requête SQL créée

La requête ci-dessus (Figure 30), permet de formater, selon le format utilisé dans l'outil Excel, la donnée qui sera intégrée à l'outil Excel (Voir annexe Y). Les codes inscrits dans les colonnes des années peuvent être compris comme-suit :

"nombre d'analyses effectuées dans l'année - l'EQR obtenu | code correspondant à l'état de la masse d'eau".

Si l'outil d'analyse des indices écologiques se présente actuellement sous forme d'un tableau Excel, la mise à disposition de ces analyses sous forme d'un tableau de bord ou dans QGIS est actuellement en cours de réflexion.

Conclusion

En conclusion, j'ai eu l'opportunité de travailler au sein d'un bureau d'études où j'ai pu mettre en pratique mes compétences en géomatique et en gestion de projet au service de l'automatisation d'études liées à la gestion de l'eau. Ma mission principale était axée, dans le cadre de la gestion de l'eau potable des communes, sur l'automatisation de l'analyse la Défense Extérieure Contre l'Incendie dans le département des Alpes-Haute-Provence.

Dans le cadre de cette mission, j'ai développé deux plugins QGIS qui ont permis d'analyser les besoins en eau des constructions d'une commune selon les réglementations en vigueur, tout en vérifiant la capacité des ressources en eau disponibles à satisfaire ces besoins. Pour ce faire, les plugins automatisent en python le lancement des requêtes SQL d'analyses de DECI. La conception de ces plugins a impliqué l'intégration de données complexes, notamment l'utilisation du raster des risques liés aux incendies de forêt, ainsi que la création de fonctions Python et la recherche de solutions en SQL afin de construire les données nécessaires à l'application de la réglementation. Par ailleurs, un troisième plugin est actuellement en cours de développement. Celui-ci vise à faciliter la simulation de l'impact des recommandations d'implantation de nouvelles ressources en eaux émises par les chargés d'études, sur la couverture de la commune.

Parallèlement à cette mission principale, une seconde tâche m'a été attribuée en cours de stage. Cette dernière a consisté à contribuer à la création d'un outil Excel connecté à une base de données PostGIS. Cet outil vise à simplifier l'analyse d'indices hydrobiologiques des masses d'eau de types cours d'eau pour les chargés d'études de Nantes dans le cadre de l'élaboration de Plans Pluriannuels de Gestion des milieux aquatiques. Mon travail a consisté à l'élaboration d'une requête SQL attribuant à chaque cours d'eau un état suivant les classifications définies dans la réglementation. Le tableau croisé dynamique généré sera par la suite intégré à un outil existant. Cette mission s'est avérée plus complexe que prévu en raison de la complexité de l'intégration des données nécessaires aux analyses.

Ce stage a également été l'occasion d'approfondir mes compétences en SQL, en Python, et en gestion de projet, ainsi que de découvrir le processus de création de plugins QGIS.

Afin de simplifier l'architecture des outils pour les utilisateurs, le service géomatique pourra dans le futur travailler sur la généricité des outils de DECI en regroupant l'ensemble des plugins, quelle que soit leur réglementation. L'objectif serait de n'avoir que trois plugins principaux pour l'analyse DECI, avec la possibilité de personnaliser les paramètres en fonction de la réglementation locale. Le futur développement d'outils de DECI pour le département des Bouches-du-Rhône offre une occasion de travailler sur cette mise en commun.

Pour finir, ce stage a renforcé ma volonté de travailler dans le secteur de l'environnement et de l'aménagement, en mettant en lumière les nombreuses applications de la géomatique dans ces domaines.

Références

Bibliographie

- [1] Arrêté du 12 janvier 2010 relatif aux méthodes et aux critères à mettre en œuvre pour délimiter et classer les masses d'eau Et dresser l'état des lieux prévu à l'article R. 212-3 du Code de l'environnement - Légifrance. (s. d.-a). <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000021773857>
- [2] Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement - Légifrance. (s. d.-a). <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000021865356>
- [3] CNPP, Fédération Française de l'Assurance (FFA), Ministère de l'intérieur, & Ministère de la transition écologique. (2020a). GUIDE PRATIQUE d'appui au dimensionnement des besoins en eau pour la défense extérieure contre l'incendie.

Webographie

- [4] Building a processing Plugin (QGIS3) — QGIS tutorials and tips. (s. d.-a). https://www.qgistutorials.com/en/docs/3/processing_python_plugin.html
- [5] Building a Python plugin (QGIS3) — QGIS tutorials and tips. (s. d.-a). https://www.qgistutorials.com/en/docs/3/building_a_python_plugin.html
- [6] CEREG - Bureau d'études - Montpellier, Nice, Toulouse, Nimes. (s. d.-a). <https://cereg.com/>
- [7] Class : QgsProcessingParameters. (s. d.-a). <https://qgis.org/pyqgis/3.2/core/Processing/QgsProcessingParameters.html>
- [8] ClassificationMapRegularization - Classification Map Regularization — OTB Cookbook 6.4.0 Documentation. (s. d.-a). https://www.orfeo-toolbox.org/CookBook-6.4/Applications/app_ClassificationMapRegularization.html
- [9] Communes à aléa fort -Prévention des incendies de Forêts - Les services de l'État dans les Alpes-de-Haute-Provence. (s. d.-a). <https://www.alpes-de-haute-provence.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Environnement-risques-naturels-et-technologiques/Prevention-des-Risques/Prevention-des-incendies-de-Forets/La-prevention-des-incendies/Communes-a-alea-fort>
- [10] Défense extérieure contre l'Incendie (DECI). (2023a, mars 13). Sdis04. <https://www.sdis04.fr/deci/>
- [11] Développer des extensions Python — documentation QGIS documentation. (s. d.). https://docs.qgis.org/3.10/fr/docs/pyqgis_developer_cookbook/plugins/index.html

- [12] Francois, A., & Francois, A. (2015b). Les outils de validation des géométries (3) : FME | Blog SIG & Territoires. Blog SIG & Territoires | le portail des professionnels du SIG. <https://www.sigterritoires.fr/index.php/les-outils-de-validation-des-geometries-3-fme/>
- [13] Francois, A., & Francois, A. (2023a). Les outils SIG de validation des géométries(2) : Spatialite et PostGis | Blog SIG & Territoires. Blog SIG & Territoires | le portail des professionnels du SIG. <https://www.sigterritoires.fr/index.php/les-outils-sig-de-validation-des-geometries2-spatialite-et-postgis/>
- [14] Globevnik, L. (2019a). Broad typology for rivers and lakes in Europe for large scale analysis [Base de données]. <https://doi.org/10.1594/pangaea.908578>
- [15] Hydrobiologie | Hubeau. (s. d.-a). <https://hubeau.eaufrance.fr/page/api-hydrobiologie>
- [16] Koch, R. (s. d.-b). OSmHydrant. <https://www.osmhydrant.org/fr/>
- [17] Prévention des incendies de Forêts - Les services de l'État dans les Alpes-de-Haute-Provence. (s. d.-b).<https://www.alpes-de-haute-provence.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Environnement-risques-naturels-et-technologiques/Prevention-des-Risques/Prevention-des-incendies-de-Forets/La-prevention-des-incendies>
- [18] Le guide méthodologique pour les PPG est disponible! (s. d.-d). Agence de l'eau Adour-Garonne. <https://eau-grandsudouest.fr/actualites/guide-methodologique-pour-ppg-est-disponible>
- [19] Markevych. (2018b, décembre 6). Le SIG intervient pour la gestion d'incendie en Californie | Veille cartographique 2.0. Veille cartographique 2.0. <https://veillecarto2-0.fr/2018/12/06/le-sig-intervient-pour-la-gestion-d-incendie-en-californie/>
- [20] Masse d'eau | data.eaufrance.fr. (s. d.-d).<https://data.eaufrance.fr/concept/masse-deau>
- [21] Mise en place d'un système de routage et de calcul d'itinéraires intégrable à PostgreSQL/PostGIS : « PGrouting » . (2016, 13 mai). GEOAFRICA. <https://geoafrica.fr/mise-en-place-dun-systeme-de-routage-et-de-calcul-ditineraires-integrable-a-postgresqlpostgis-pgrouting/>
- [22] Overpass Turbo. (s. d.-b). <https://overpass-turbo.eu/>
- [23] PGrouting : analyse comparative d'Isodistances de 500m à partir de Nantes métropole. (2020, 16 mars). GEOAFRICA. <https://geoafrica.fr/laccessibilite-multimodale-en-isochrones/>
- [24] PGRouting Concepts — PGRouting Manual (2.5). (s. d.-b). <https://docs.pgrouting.org/2.5/en/pgRouting-concepts.html#getting-started>
- [25] Plugin Builder — QGIS Python Plugins Repository. (s. d.-b). <https://plugins.qgis.org/plugins/pluginbuilder/>
- [26] Plugin Reloader — QGIS Python Plugins Repository. (s. d.-b). https://plugins.qgis.org/plugins/plugin_reloader/

- [27] PostGIS ST_Collect vs. ST_Union. (2011, 12 mai). Free and Open Source GIS Ramblings. https://anitagraser.com/2011/05/12/postgis-st_collect-vs-st_union/
- [28] PyQGIS Developer Cookbook — QGIS Documentation Documentation. (s. d.-b). https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/pyqgis_developer_cookbook/index.html
- [29] Roelandt, N. (2022b, février 4). 3 Créer une extension (Plugin) | Introduction à PyQGIS. https://roelandtn.frama.io/cours_pyqgis/cr%C3%A9er-une-extension-plugin.html
- [30] SANDRe - Portail national d'accès aux référentiels sur l'eau | Sans connaissance partagée, nous ne pouvons pas comprendre, décider et agir. Pour construire cette connaissance, de nombreux Act. (s. d.-a). Sandre.<https://www.sandre.eaufrance.fr/>
- [31] SIEAG - portail des données sur l'Eau du bassin Adour-Garonne. (s. d.-b). <https://adour-garonne.eaufrance.fr/massedeau/FRFR151>
- [32] ST_ClusterDBSCAN. (s. d.-a). https://postgis.net/docs/en/ST_ClusterDBSCAN.html
- [33] ST_Intersects. (s. d.-b). https://postgis.net/docs/en/ST_Intersects.html
- [34] ST_IsValidDetail. (s. d.-b). https://postgis.net/docs/en/ST_IsValidDetail.html
- [35] ST_MakeValid. (s. d.-b). https://postgis.net/docs/en/ST_MakeValid.html
- [36] ST_PointOnSurface. (s. d.-b). https://postgis.net/docs/en/ST_PointOnSurface.html
- [37] Structuring Python Plugins — QGIS Documentation documentation. (s. d.).https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/pyqgis_developer_cookbook/plugins/plugins.html
- [38] ST_ShortestLine. (s. d.-b).https://postgis.net/docs/en/ST_ShortestLine.html
- [39] ST_Snap. (s. d.-b). https://postgis.net/docs/en/ST_Snap.html
- [40] Welcome to the QGIS Python API Documentation project. (s. d.-b).<https://qgis.org/pyqgis/3.2/index.html>

Annexes

A Extrait du RDDECI du 04 : réglementation pour les habitations et les Immeubles de Grande hauteur (IGH) classées comme habitations

Risque	Bâtiments concernés	Surface de plancher développée	Distance d'isolement par rapport aux tiers (Ou dispositions constructives équivalentes)	Débit minimum d'eau requis	Durée d'extinction minimum	Volume d'eau minimum total demandé	Nombre de PEI	Distance maximale entre le 1 ^{er} PEI et l'entrée principale du bâtiment	Distance maximale entre les PEI
Faible	Habitations individuelles isolées de 1 ^{ère} famille éloignées de toute zone urbanisée et non classées en risque feu de forêt	≤ 250 m ²	≥ 8 m	30 m ³ /h	1 heure	30 m ³	1	400 m	/
		> 250 m ²	≥ 8 m	30 m ³ /h	2 heures	60 m ³	1 ou 2	400 m	400 m
Ordinaire	Habitations individuelles isolées de 1 ^{ère} famille classées en risque feu de forêt	Toutes surfaces	≥ 8 m	30 m ³ /h	2 heures	60 m ³	1 à 2	200 m	400 m
	Habitations individuelles isolées de la 2 ^{ème} famille	Toutes surfaces	≥ 8 m	30 m ³ /h	2 heures	60 m ³	1 à 2	200 m	400 m
	Habitations individuelles jumelées de 1 ^{ère} famille et de 2 ^{ème} famille	Toutes surfaces	≥ 8 m	30 m ³ /h	2 heures	60 m ³	1 à 2	200 m	400 m
	Lotissement de pavillons	Toutes surfaces	≥ 8 m	30 m ³ /h	2 heures	60 m ³	1 à 2	200 m	400 m
Important	Habitations en bande de 1 ^{ère} et de 2 ^{ème} famille (y compris PSC associés)	Toutes surfaces	≥ 8 m	60 m ³ /h	2 heures	120 m ³	1 à 2	200 m	400 m
	Habitations collectives de 2 ^{ème} famille (y compris PSC associés)	Toutes surfaces	≥ 8 m	60 m ³ /h	2 heures	120 m ³	1 à 2	200 m	400 m
	Habitations de 3 ^{ème} famille A (y compris PSC associés)	Toutes surfaces	≥ 8 m	120 m ³ /h	2 heures	240 m ³	2 à 3	200 m 60 m si CS	400 m
	Ensemble de bâtiments : quartiers avec rues étroites, accès difficiles et/ou bâtiments imbriqués, vieux immeubles avec prédominance du bois	Toutes surfaces	≥ 8 m	120 m ³ /h	2 heures	240 m ³	2 à 3	200 m 60 m si CS	400 m
	Habitations de 3 ^{ème} famille B et de 4 ^{ème} famille (y compris PSC associés)	Toutes surfaces	≥ 8 m	120 m ³ /h	2 heures	240 m ³	2 à 3	200 m 60 m si CS	400 m
IGH habitations	Toutes surfaces	≥ 8 m	120 m ³ /h	2 heures	240 m ³	2 à 3	200 m 60 m si CS	400 m	
Zones mixtes : habitats/activités artisanales ou industrielles	Toutes surfaces	≥ 8 m	120 m ³ /h	2 heures	240 m ³	2 à 3	200 m 60 m si CS	400 m	
Bâtiment à risque particulier	Toutes surfaces	≥ 8 m	120 m ³ /h	2 heures	240 m ³	2 à 3	200 m 60 m si CS	400 m	

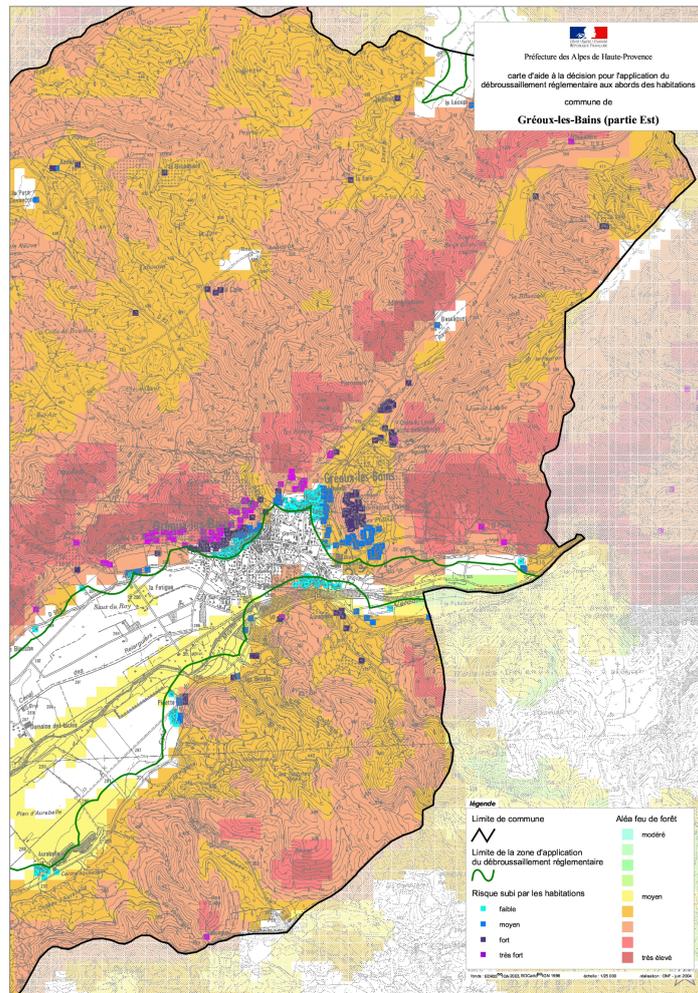
B Extrait du RDDECI du 04 : réglementation pour les ERP et les bâtiments artisanaux ou industriels en-dehors des ICPE

RISQUE	SURFACE (surface de plancher développée)	Classe 1 N : Restaurant L : Réunion, spectacle (sans décor ni artifice) O et OA : Hôtel R : Enseignement X : Sportif couvert U : Sanitaires V : Culte J : Structure d'accueil pour personnes âgées/handicapées W : Administrations, Banques, Bureaux GA : Gares Bâtiment artisanaux et industriels (4)	Classe 2 L : Réunion, spectacle (avec décor et artifice + salles polyvalentes) P : Dancings, discothèques Y : Musées PS (3) : Parking de stationnement couvert	Classe 3 M : Magasins S : Bibliothèque, Documentation T : Exposition	Sprinklé toute classe confondue	
		BESOINS EN EAU (m³/h) – (1)				
Faible (2)	≤ 250 m²	30	30	30		
ordinaire	≤ 500 m²	30	30	30	30	
	≤ 1 000 m²	60	75	90	60	
	≤ 2 000 m²	120	150	180	120	
important	≤ 3 000 m²	180	225	270	180	
	≤ 4 000 m²	210	270	315	180	
	≤ 5 000 m²	240	300	360	240	
	≤ 6 000 m²	270	330	405	240	
	≤ 7 000 m²	300	375	450	240	
	≤ 8 000 m²	330	420		240	
	≤ 9 000 m²	360	450		240	
	≤ 10 000 m²	390	480	À traiter au cas par cas	240	
	≤ 20 000 m²	À traiter au cas par cas				300
	≤ 30 000 m²	À traiter au cas par cas				360
PRINCIPE	0 à 3000 m² : 60 m³/h par tranche ou fraction de 1000 m² 3000 m² : ajouter 30 m³/h par tranche ou fraction de 1000 m² (exemple : 4300 m² à traiter comme 5000 m²)	Classe 1 x 1,25	Classe 1 x 1,5	0 à 4000 m² : 60 m³/h par tranche ou fraction de 1000 m² avec un maximum de 180 m³/h de 4001 à 10 000 m² : 4 x 60 m³/h Au-delà de 10 000 m² : 60 m³/h par tranche ou fraction de 10 000 m²		
NOMBRE DE PEI	Selon le débit global exigé et répartition selon la géométrie des bâtiments en tenant compte de la capacité des engins-pompes					
DISTANCE MAXIMALE ENTRE LES PEI	200 m	200 m	200 m	200 m	200 m	
DISTANCE MAXIMALE ENTRE LE 1 ^{er} PEI ET L'ENTRÉE PRINCIPALE	200 m (si plusieurs PEI le premier doit être situé à moins de 100 m de l'entrée principale du bâtiment) (CS = 60 m lorsque requise)	200 m (si plusieurs PEI le premier doit être situé à moins de 100 m de l'entrée principale du bâtiment) (CS = 60 m lorsque requise)	200 m (si plusieurs PEI le premier doit être situé à moins de 100 m de l'entrée principale du bâtiment) (CS = 60 m lorsque requise)	200 m (si plusieurs PEI le premier doit être situé à moins de 100 m de l'entrée principale du bâtiment) (CS = 60 m lorsque requise)	200 m (si plusieurs PEI le premier doit être situé à moins de 100 m de l'entrée principale du bâtiment) (CS = 60 m lorsque requise)	
DURÉE MINIMUM DÉBITS	<p>(1) La durée minimum d'application doit être en principe de 2 heures. Cette durée ainsi que les débits mentionnés ci-dessus, peuvent être majorés après analyse des risques ou avis de la commission de sécurité. Le débit minimum est de 30 m³/h. Les débits présentés sont des débits minimums simultanés disponibles.</p> <p>(2) Pour le risque courant faible, la durée minimum d'extinction peut être ramenée à une heure sous réserve de satisfaire aux conditions d'isolement et que les bâtiments soient implantés en zone isolée et éloignée de toute zone urbanisée. Un PI peut être remplacé par une réserve de 30 m³. La distance peut être portée à 400 m.</p> <p>(3) Quelle que soit la surface du PS, les débits devront avoir un minimum de 120 m³/h sur au moins 2 PEI. Les établissements de type EF, SG, CTS, PA sont à traiter au cas par cas. En l'absence de réseaux d'hydrants suffisants et conformes, une demande d'avis sera formulée à la commission de sécurité compétente en proposant d'autres solutions conformes.</p> <p>(4) Toutefois, après avis du SDIS D4 et pour certains projets, la DECI pourra s'appuyer sur la D9.</p>					

C Extrait du RDDECI du 04 : réglementation pour les terrains de campings, les habitations légères de loisirs, les aires de stationnement de camping-car et les aires d'accueils des gens du voyage

Nature du camping	Débit d'eau minimum requis (ou équivalent en réserve)	Nombre de PEI	Distance maximale entre le 1^{er} PEI et l'emplacement	Distance maximale entre les PEI	Durée d'extinction minimum
Camping non soumis à risque technologique et feux de forêt.	60 m³/h	1 ou 2	400 m	400 m	1 heure
Camping soumis au risque technologique et feux de forêt et moins de 200 emplacements.	60 m³/h	Selon le camping	200 m	400 m	2 heures
Camping soumis au risque technologique et feux de forêt et plus de 200 emplacements.	120 m³/h	Selon le camping	200 m	400 m	2 heures

D Exemple de carte utilisée par les chargés d'études pour déterminer la soumission a un risque de feu de forêt (Source : Site internet de la préfecture des Alpes-de-Haute-Provence)



E Table de classification des risques agricoles

rac type	<input checked="" type="checkbox"/> stockage_phyto_engrais	123 surf_min	123 surf_max	rac cat_risque	rac cat_besoin_eau	123 debit_min	123 duree	123 nb_pei_min	123 nb_pei_max	123 dist_1er_pei
Agricole	[]	0	250	Agricole	Agr1	30	1	1	3	400
Agricole	[v]	0	250	Agricole	Agr1	30	1	1	3	400
Agricole	[]	250	500	Agricole	Agr2	30	2	1	3	400
Agricole	[v]	250	500	Agricole	Agr2	30	2	1	3	400
Agricole	[]	500	1000	Agricole	Agr3	60	2	1	3	100
Agricole	[v]	500	1000	Agricole	Agr3	60	2	1	3	100
Agricole	[]	1000	2000	Agricole	Agr4	120	2	1	3	100
Agricole	[v]	1000	2000	Agricole	Agr4	120	2	1	3	100
Agricole	[]	2000	3000	Agricole	Agr5	180	2	1	3	100
Agricole	[v]	2000	3000	Agricole	Agr5	180	2	1	3	100
Agricole	[]	3000	999999	Particulier	Risque particulier	60	2	2	3	100
Agricole	[v]	3000	999999	Particulier	Risque particulier	60	2	2	3	100

123 dist_max_pei	123 volume_eau
400	30
400	30
400	60
400	60
400	120
400	120
400	240
400	240
400	360
400	360
[NULL]	120
[NULL]	120

F Extrait de la table de classification des campings et aires d'accueil des gens du voyage

<input checked="" type="checkbox"/> isque_techno_et_feu_foret	123 capacite_min	123 capacite_max	nb_cat_besoin_eau	123 debit_min	nb_nb_pei_min	123 nb_pei_max	123 dist_1e_pei	123 dist_max_pei
[]	0	999 999	C3	60	1	3	400	400
[v]	0	200	C1	60	1	3	200	400
[v]	200	999 999	C2	120	1	3	200	400

G Extraits de la table de classification des ERP

123 classe_erp	<input checked="" type="checkbox"/> sprinkle	123 surf_min	123 surf_max	anc situation_isolement	anc cat_risque	anc cat_besoin_eau	123 debit_base	123 tranche_base	123 debit_ajout
1	[]	0	250	Isolée	Faible	ERP-RCF1	30	1000	0
1	[]	0	250	Jumellee	Faible	ERP-RCF2	30	1000	0
1	[]	0	250	En bande	Faible	ERP-RCF2	30	1000	0
1	[]	250	500	UKN	Ordinaire	ERP-RCO1	30	1000	0
1	[]	500	1000	UKN	Ordinaire	ERP-RCO1	60	1000	0
1	[]	1000	2999	UKN	Important	ERP-RCI1.1	60	1000	0
1	[]	2999	10000	UKN	Important	ERP-RCI1.2	60	1000	30
2	[]	0	250	Isolée	Faible	ERP-RCF1	30	1000	0
2	[]	0	250	Jumellee	Faible	ERP-RCF2	30	1000	0
2	[]	0	250	En bande	Faible	ERP-RCF2	30	1000	0
2	[]	250	500	UKN	Ordinaire	ERP-RCO2	30	1000	0
2	[]	500	2999	UKN	Important	ERP-RCI2.1	75	1000	0
2	[]	2999	10000	UKN	Important	ERP-RCI2.2	75	1000	38
3	[]	0	250	Isolée	Faible	ERP-RCF1	30	1000	0
3	[]	0	250	Jumellee	Faible	ERP-RCF2	30	1000	0
3	[]	0	250	En bande	Faible	ERP-RCF2	30	1000	0
3	[]	250	500	UKN	Ordinaire	ERP-RCO2	30	1000	0
3	[]	500	2999	UKN	Important	ERP-RCI3.1	90	1000	0

H Extrait de la table de classification des labels des ERP

erp_type_erp	erp_label	123 classe	erp commentaire
N	Restaurant	1	
O	Hotel	1	
OA	Hotel	1	
R	Enseignement	1	
X	Sportif couvert	1	
U	Santaires	1	
V	Culte	1	
J	Structure d'accueil pour personnes agees/handicapees	1	
W	Administrations, Banques, Bureaux	1	
GA	Gares	1	
L	Salles d'auditions, de conferences, de reunions, de spectacles ou a usage multiple	2	Existe aussi une categorie L pour la classe 1
P	Dancings, discotheques	2	
Y	Musees	2	
PS	Parkings de stationnements couvert	4	Classe ajoutee
M	Magasins	3	
S	Bibliotheque, Documentation	3	
T	Exposition	3	
EF	Etablissements flottants	5	Classe ajoutee
SG	Structures gonflables	5	Classe ajoutee
CTS	Chapiteaux, tentes et structures	5	Classe ajoutee
PA	Etablissements de plein air	5	Classe ajoutee
EP	Etablissements penitentiaires	0	Classe ajoutee
PE	Petits ERP, de 5e categorie	0	Classe ajoutee
PN	Petits ERP, de 5e categorie, specificites petits restaurants et debits de boissons	0	Classe ajoutee
PO	Petits ERP, de 5e categorie, specificites petits hotels	0	Classe ajoutee
PU	Petits ERP, de 5e categorie, specificites petits etablissements de soins	0	Classe ajoutee
PX	Petits ER, de 5e categorie, specificites petits etablissements sportifs	0	Classe ajoutee
REF	Refuges de montage	0	Classe ajoutee
REF1	Refuges de montage non gardes	0	Classe ajoutee
REF2	Refuges de montage gardes	0	Classe ajoutee
RH	Etablissements d'evail, d'enseignement, de formation, centres de vacances, centres de loisirs avec hebergement	0	Classe ajoutee

I Extrait de la table de classification des habitations

abc situation, isolement	<input checked="" type="checkbox"/> risque feu, forêt	<input checked="" type="checkbox"/> lotissement	<input checked="" type="checkbox"/> ensemble, bâti	<input checked="" type="checkbox"/> zone mixte	123 surf, developpee, min	123 surf, developpee, max	abc cat_risque	abc cat_besoin_eau
Isolée	[]	[]	[]	[]	250	999 999	Faible	H-RCF2
Isolée	[v]	[]	[]	[]	0	999 999	Ordinaire	H-RCO1
Isolée	[]	[v]	[]	[]	0	999 999	Ordinaire	H-RCO2
Isolée	[]	[]	[v]	[]	0	999 999	Ordinaire	H-RCO2
Isolée	[]	[]	[]	[v]	0	999 999	Important	H-RCI
Isolée	[v]	[]	[]	[]	0	999 999	Important	H-RCI
Isolée	[]	[]	[]	[v]	0	999 999	Important	H-RCI
Isolée	[v]	[]	[]	[]	0	999 999	Important	H-RCI
Isolée	[]	[]	[]	[]	0	250	Faible	H-RCFI
Jumelée	[]	[]	[]	[]	0	999 999	Ordinaire	H-RCO1
En bande	[]	[]	[]	[]	0	999 999	Ordinaire	H-RCO2
En bande	[]	[v]	[]	[]	0	999 999	Ordinaire	H-RCO2
Jumelée	[]	[]	[v]	[]	0	999 999	Important	H-RCI
Jumelée	[]	[]	[]	[v]	0	999 999	Important	H-RCI

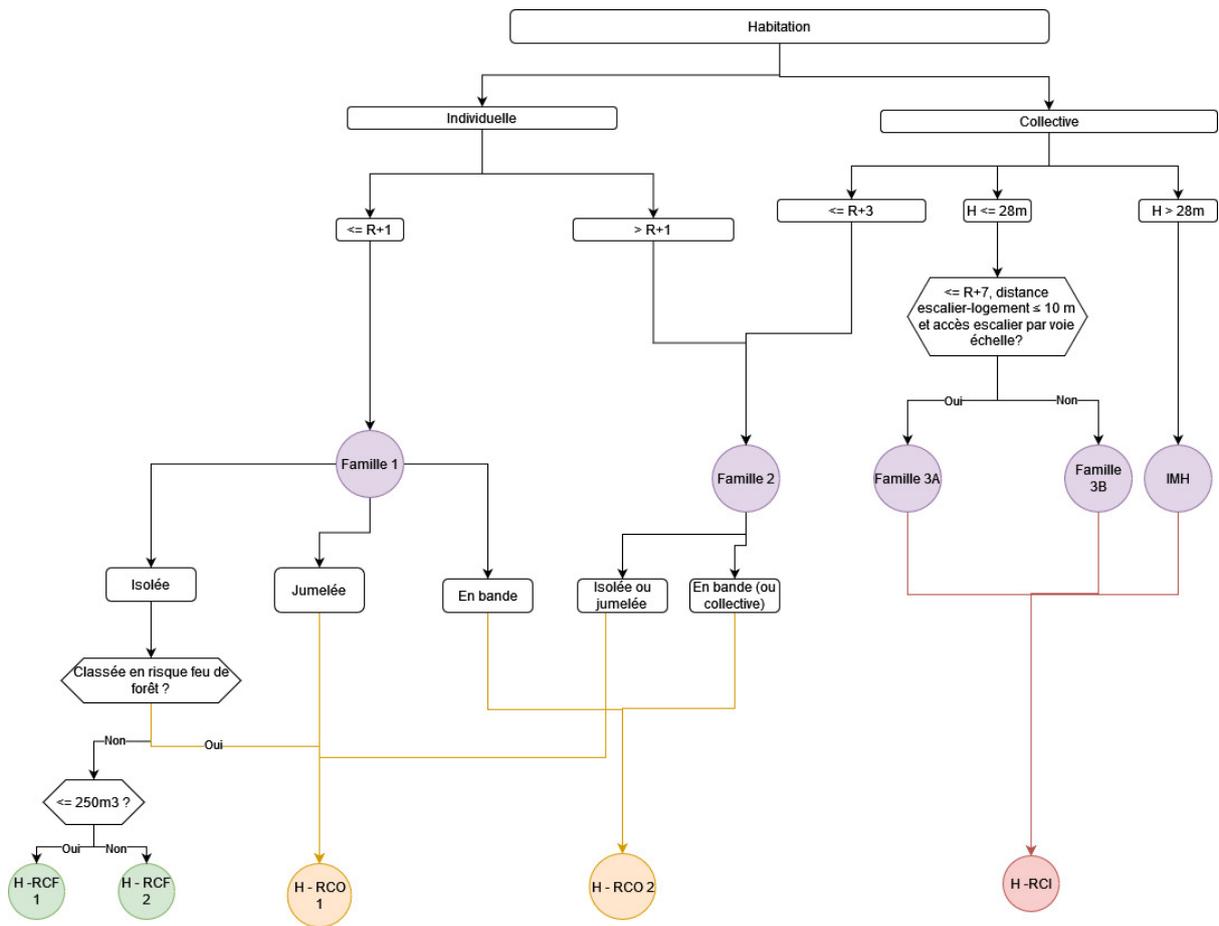
J Extrait du code SQL intégré au plugin permettant de déterminer le degré d'isolement d'un bâtiment

```
,sujet_isolement as (  
-- relier les habitations aux erp concernés par la notion d'isolement  
SELECT id_bdtopo  
FROM surfaces  
WHERE type = 'Habitatation' OR (classe_erp not in (4,5,6) and surf_retenue <= 250)  
)  
--création de clusters de 8 m de distance avec un minimum de 1 entité  
,clusters_isolement as (  
SELECT i.id_bdtopo, dbe.id_bdtopo as id_bati  
      ,ST_ClusterDBSCAN(dbe.geom, eps:= {5}, minpoints := 1) over() as num_cluster  
FROM sujet_isolement i  
right join {0}.{3} dbe ON i.id_bdtopo = dbe.id_bdtopo  
)  
-- récupère le nombre d'entités dans un même cluster  
,count_clusters_iso as (  
SELECT id_bdtopo , num_cluster, count(id_bati) over(partition by num_cluster) as nb_entites  
from clusters_isolement  
)  
,cat_isolement as (  
SELECT dbe.id_bdtopo,  
      CASE  
        when nb_entites = 1 then 'Isolee'  
        when nb_entites = 2 then 'Jumelee'  
        when nb_entites > 2 then 'En bande'  
        ELSE 'UKN'  
      END as situation_isolement  
FROM count_clusters_iso cci  
right join {0}.{3} dbe on dbe.id_bdtopo = cci.id_bdtopo
```

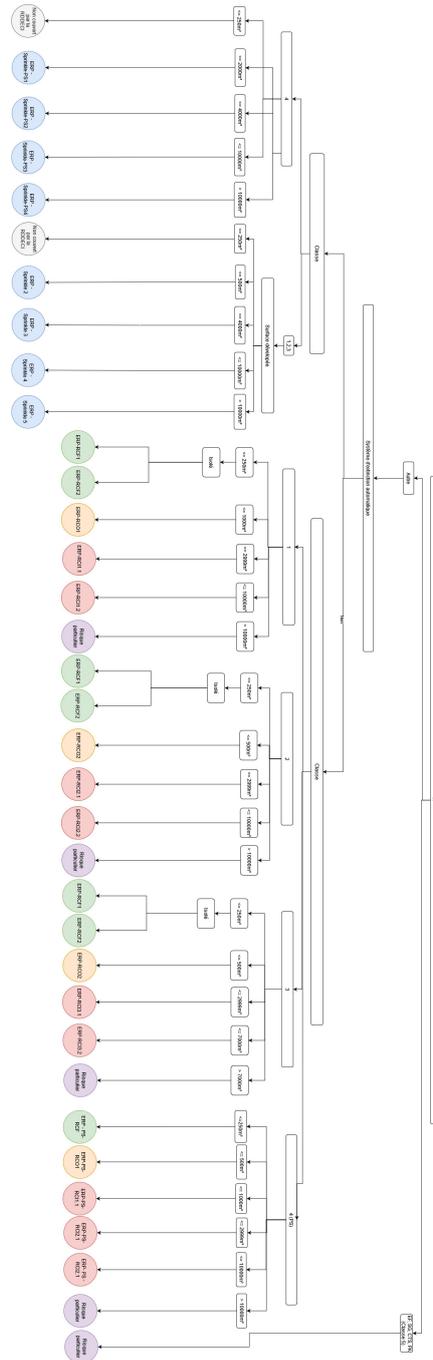
K Extrait du code SQL intégrée dans le plugin permettant de déterminer le degré d'isolement d'un bâtiment

```
,sujet_isolement as (  
-- relier les habitations aux erp concernés par la notion d'isolement  
SELECT id_bdtopo  
FROM surfaces  
WHERE type = 'Habitation' OR (classe_erp not in (4,5,6) and surf_retenue <= 250)  
)  
--création de clusters de 8 m de distance avec un minimum de 1 entité  
,clusters_isolement as (  
SELECT i.id_bdtopo, dbe.id_bdtopo as id_bati  
      ,ST_ClusterDBSCAN(dbe.geom, eps:= {5}, minpoints := 1) over() as num_cluster  
FROM sujet_isolement i  
right join {0}.{3} dbe ON i.id_bdtopo = dbe.id_bdtopo  
)  
-- récupère le nombre d'entités dans un même cluster  
,count_clusters_iso as (  
SELECT id_bdtopo , num_cluster, count(id_bati) over(partition by num_cluster) as nb_entites  
from clusters_isolement  
)  
,cat_isolement as (  
SELECT dbe.id_bdtopo,  
      CASE  
        when nb_entites = 1 then 'Isolee'  
        when nb_entites = 2 then 'Jumelee'  
        when nb_entites > 2 then 'En bande'  
        ELSE 'UKN'  
      END as situation_isolement  
FROM count_clusters_iso cci  
right join {0}.{3} dbe on dbe.id_bdtopo = cci.id_bdtopo
```

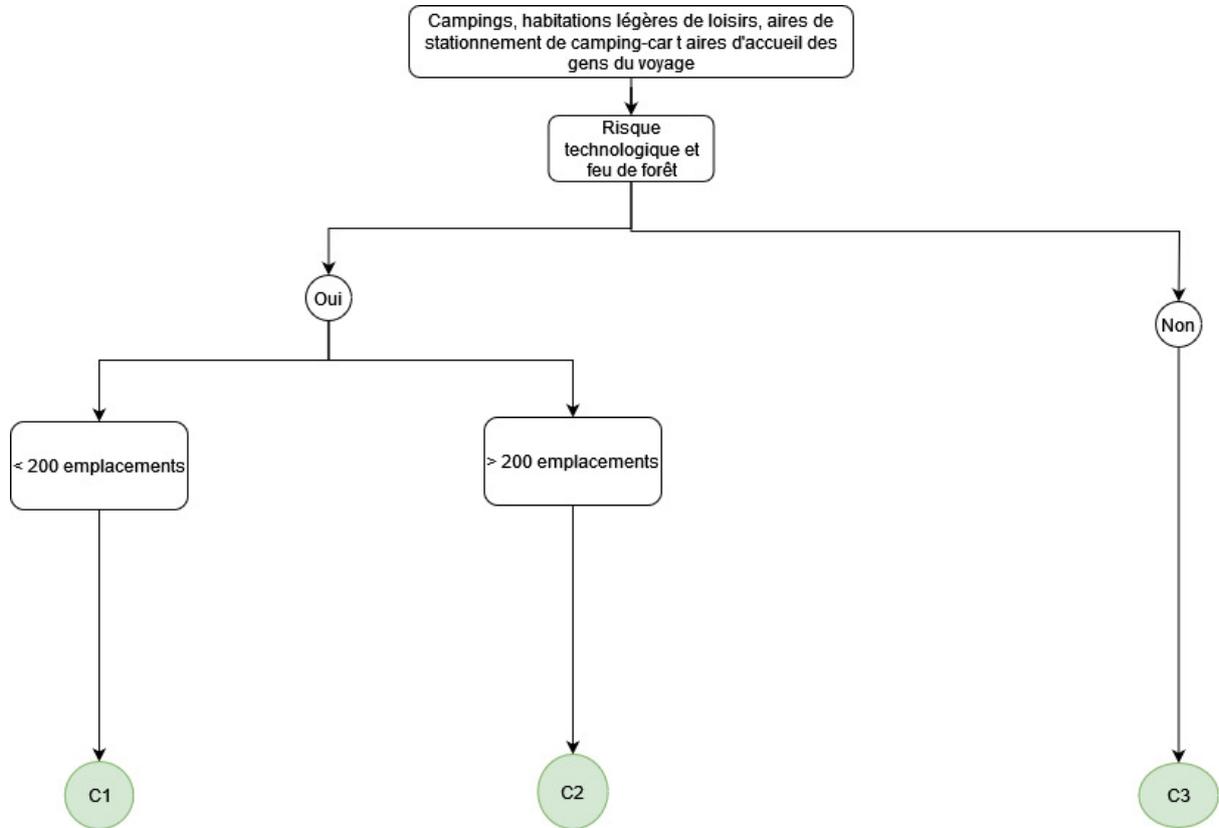
L Schéma de classification des habitations



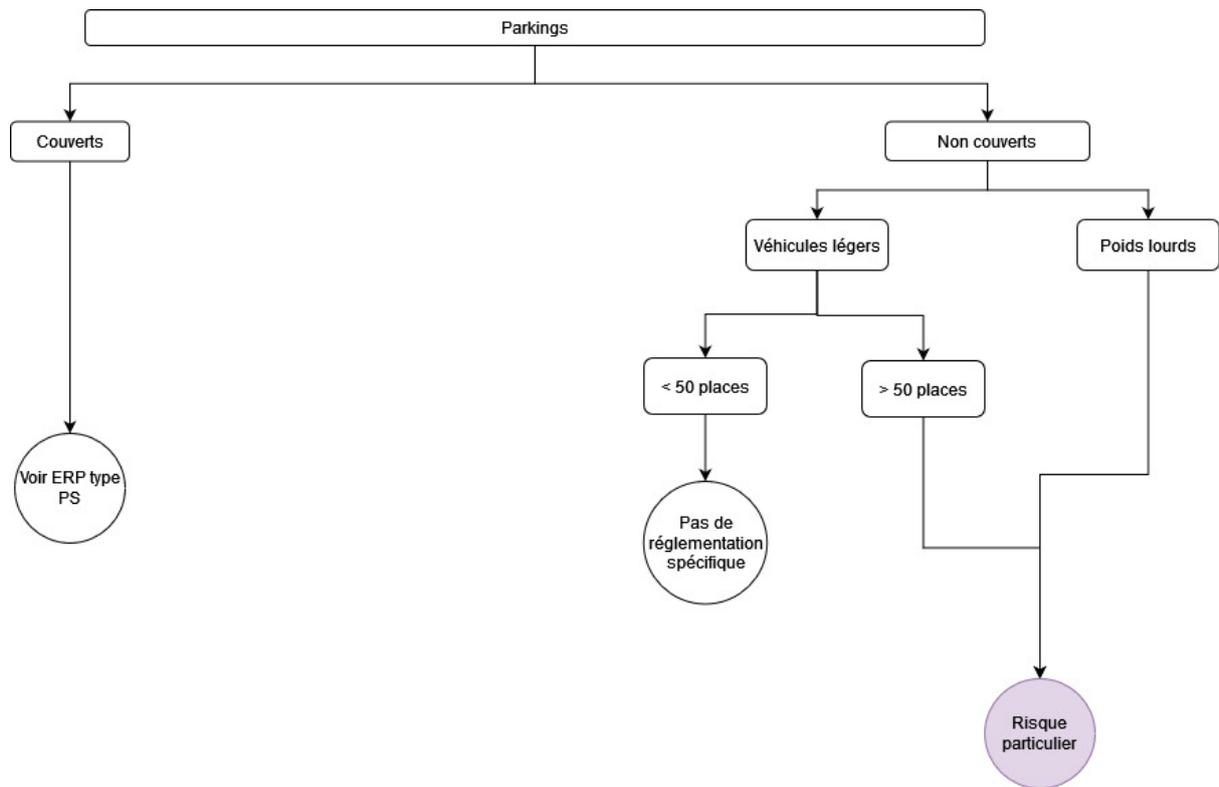
M Schéma de classification des ERP



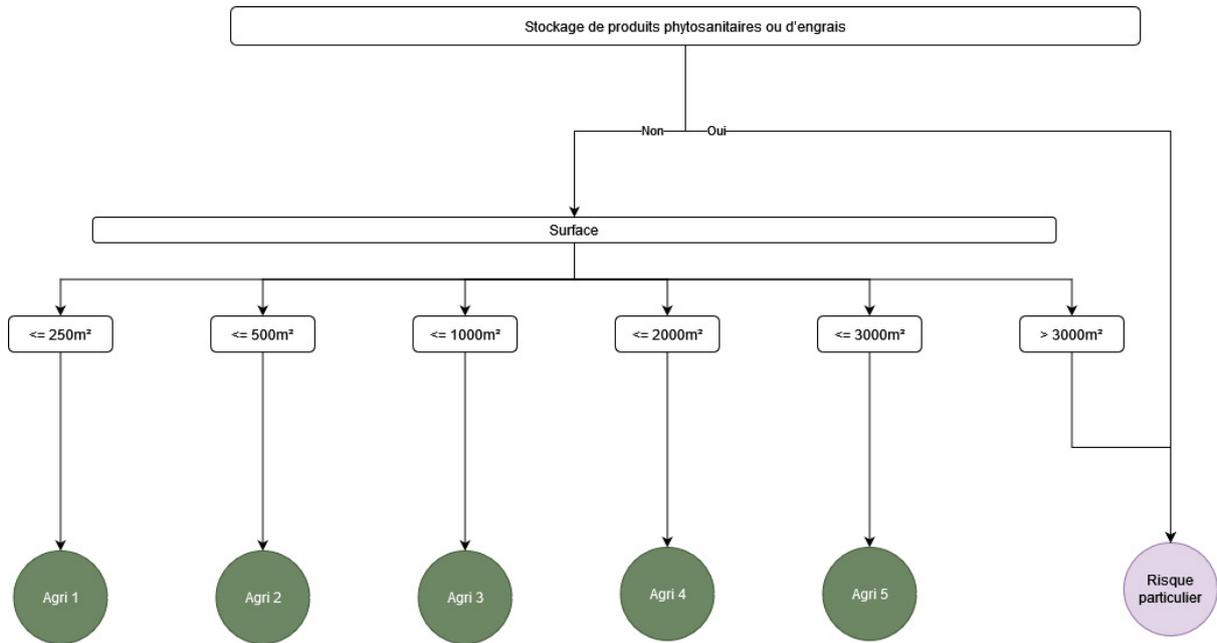
N Schéma de classification des campings et aires d'accueils pour les gens du voyage



O Schéma de classification des parkings non couverts



P Schéma de classification des bâtiments agricoles



Q Extrait du code SQL intégré dans le deuxième plugin permettant de créer un réseau topologique

```
,connexions AS (-- relier les pei, les campings et les bâtiments à la route
SELECT id_pei,id_bati, id_camping,
st_closestpoint(tr_praticables.geom, pt.geom) AS pt_fin,
ST_ShortestLine(pt.geom, tr_praticables.geom) AS geom
-- générer la ligne la plus courte entre le centroïde et la route
FROM pt
JOIN tr_praticables
-- ON ne relie que dans un rayon de 100m , au-delà ON considère qu'il n'est pas relié a une route dans la réalité
ON st_dwithin(pt.geom, tr_praticables.geom, 100)
)
,step1 AS (-- regrouper les connexions aux routes
SELECT c.id_pei, c.id_bati, c.id_camping, c.geom --737
FROM connexions c
UNION
SELECT NULL AS id_pei, NULL AS id_bati, NULL AS id_camping, st_segmentize(geom, 5) AS geom
-- segmente les routes tous les 5m, création de vertex réguliers
FROM {0}.troncon_route_enrichi
WHERE acces_secours = TRUE
) --721
```

R Extraits du code SQL intégré dans le deuxième plugin permettant de créer des vertex à intervalles égaux

```
,nb_segments AS (SELECT gid,
                    st_Npoints(geom)-1 AS cts--retourne le nombre de points des lignes -1 ce qui nous donne le nombre de segments
                    FROM step2
                    )
,series AS (SELECT gid,
              generate_series(1,cts) AS num_serie -- génère une série du nombre de segments par ligne. La colonne gid permet de lier à la table nb_segments
              FROM nb_segments
              )
,step3 AS (
SELECT  step2.id_pei, step2.id_bati,step2.id_camping, st_makeline(st_pointN(geom, num_serie), st_pointN(geom, num_serie+1))
FROM series
JOIN step2 ON series.gid = step2.gid
GROUP BY step2.id_pei, step2.id_bati,step2.id_camping, step2.geom, series.num_serie
```

S Code de création de la fonction deci04_verif_dist_max_pei

```
create or replace function public.deci04_verif_dist_max_pei(gid TEXT,pei_protecteurs json, dist_max_pei int)
  RETURNS bool AS --ligne0
  $$
import io
import json
from collections import defaultdict
from array import array

#charger la liste des peis protecteurs
list_pei_p = json.loads(pei_protecteurs)

#créer une liste de l ensemble des pei qui protègent le bâtiment
list_id_pei =[]
for i in list_pei_p:
    pei = i['id_pei']
    list_id_pei.append(pei)

plpy.notice('\n *****')
plpy.notice('*** INFO BATIMENT : ')
plpy.notice('*** ID DU BATIMENT : {0}'.format(gid))
plpy.notice('*** {0} PEI_PROTECTEURS A ANALYSER: {1}'.format(len(list_id_pei), list_id_pei))
plpy.notice('*** DISTANCE MAXIMUM AUTORISEE ENTRE LES PEI --> {0}m'.format(dist_max_pei))

pei_a_analyser = list_id_pei #copie de la liste des pei protecteurs pour savoir quels pei ils reste a analyzers
#nb_pei = 0 #initialise le nombre de pei qui on été analysé

# pas de tests sur les bâtiments qui sont seulement couverts
for row in list_pei_p:
    #nb_pei += 1 #test si on analyse bien tous les pei
    #plpy.notice('\n Compte du nb de pei analysés : {0}'.format(nb_pei)) #vérifier ou il en est dans l'analyse
    #plpy.notice('Nombre de PEI a analyser {0}'.format(nb_pei, len(list_id_pei)))

    plpy.notice('\n Row concerné : {0}'.format(row)) #TO DO DELETE --> vérifier que je me suis pas trompée de données/ que p

    if len(pei_a_analyser) > 1:
        plpy.notice('\n Debut de l analyse des distances')

        pei_test = row['id_pei']
        iso200 = row['iso200']
        iso400 = row['iso400']

        #définir la liste à 0 si elle est vide pour qu'il puisse boucler même si la liste est vide
        if not iso200:
            iso200 = [0]
        if not iso400:
```

```

iso400 = [0]

pei_a_analyser.remove(pei_test) #on enlève le pei qui est actuellement testé de la liste des pei a analyser

plpy.notice('--> PEI n° {0}'.format(pei_test))
plpy.notice('Les PEI a analyser {}'.format(pei_a_analyser))

if dist_max_pei == 400:
    plpy.notice('PEI situés à 400m: {0}'.format(iso400))
    for i in pei_a_analyser:
        if i in iso400:
            plpy.notice('La distance de {0}m avec le pei n° {1} est respectée'.format(dist_max_pei, i))
        else:
            plpy.notice('Le pei n° {0} est à plus de {1}m, la distance maximum n est pas respectée'.format(i, dist_max_pei))
            return False
else: #la distance est de 200m
    plpy.notice('PEI situés à 200m : {0}'.format(iso200))
    for i in pei_a_analyser:
        if i in iso200:
            plpy.notice('La distance est respectée')
        else:
            plpy.notice('Le pei est à plus de {0}m, la distance maximum n est pas respectée'.format(dist_max_pei))
            return False
else :
    plpy.notice('\nLe nombre de PEI a analyser est de {0} -> pas de distance a verifier'.format(len(pei_a_analyser)))

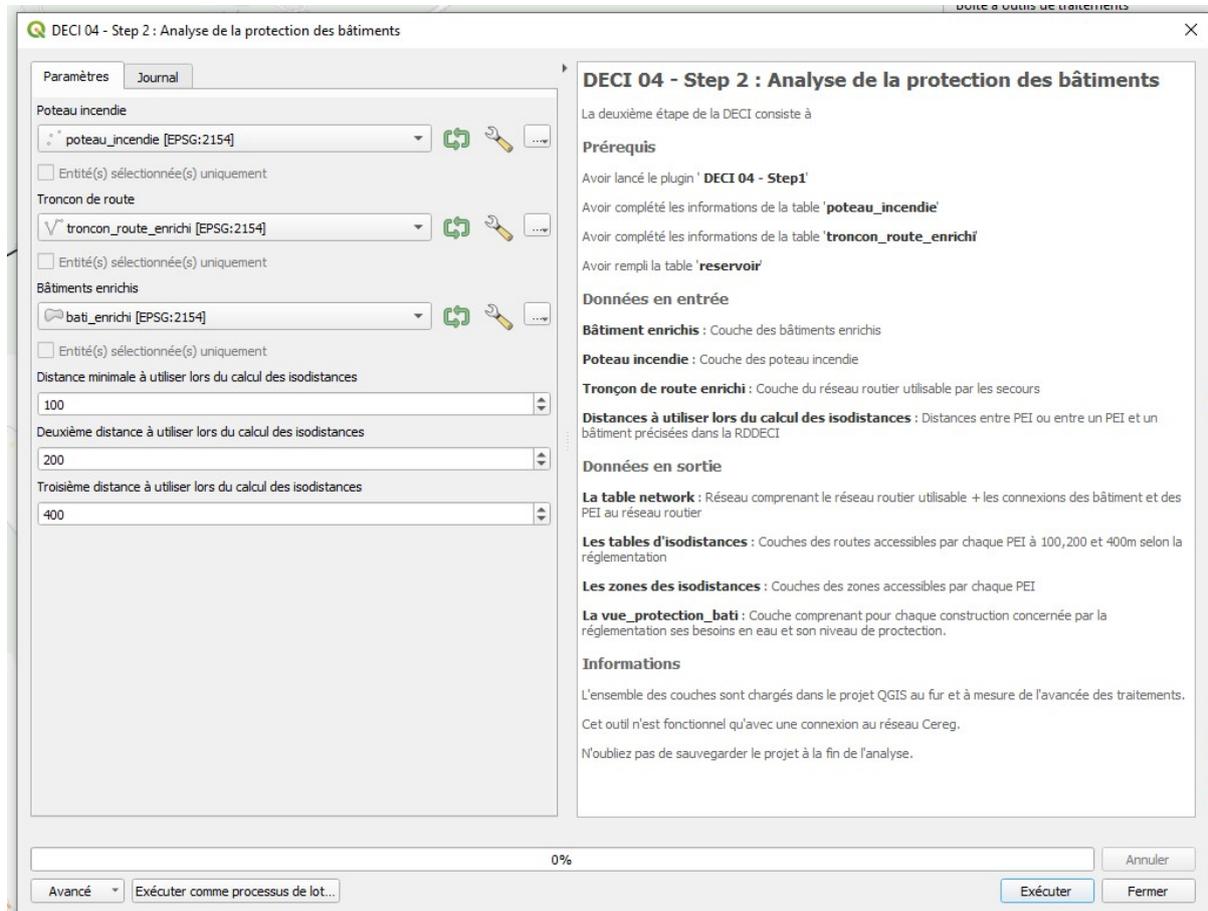
return True
$$ language plpython3u VOLATILE;

```

T Extrait de la méthode `initAlgorithm`

```
def initAlgorithm(self, config):  
    #Définir les paramètres et leurs valeurs par défaut  
  
    keys = [res[0] for res in self.LIST_COM] #Boucle pour la liste déroulante du choix des communes  
    self.addParameter(  
        QgsProcessingParameterEnum(  
            self.COMMUNE_ALPES_HAUTE_PROVENCE,  
            self.tr('Sélectionner une commune d\'Alpes-de-Haute-Provence'),  
            options=keys  
        )  
    )  
  
    self.addParameter(  
        QgsProcessingParameterNumber(  
            name=self.H_ETAGE,  
            description=self.tr('Hauteur d\'un étage (en mètres)'),  
            type=QgsProcessingParameterNumber.Integer,  
            defaultValue=3,  
            optional=False,  
            minValue=1,  
        )  
    )
```

U Interface du deuxième plugin, dédié à l'analyse de la protection des constructions



V Extrait de la symbologie appliquée aux tables créées en sortie du plugin 1

- ▼  Tables à modifier
 - ▼  **troncon_route_enrichi**
 -  Routes potentiellement impraticables par les secours
 -  Routes praticables par les secours
 - ▼  **parking_non_couvert_enrichi**
 -  Parkings
 -  Capacité à renseigner
 - ▼  **camping_aire_accueil**
 -  Campings, aires de campings-car et aire d'accueils
 -  Capacité à renseigner
 - ▼  **bati_enrichi**
 -  Habitations
 -  ERP
 -  Bâtiment agricole
 -  Bâtiment potentiellement ERP

W Extrait de l'arrêté du 12 janvier 2010 définissant la typologie des masses d'eau cours d'eau

		Catégories de tailles de cours d'eau :	Très Grand	Grand	Moyen	Petit	Très Petit
Hydroécorégions de niveau 1 ou très très grand fleuve		Cas général ou cours d'eau exogène de l'HER de niveau 1 indiquée ou HER de niveau 2 ou portion de très très grand fleuve	Codes mnémoniques des types de cours d'eau (pour le libellé de ces types, cf. tableau I. b ci-après)				
20	DEPOTS ARGILO SABLEUX	Cas général		GM20		P20	TP20
		Exogène de l'HER 9 (Tables Calcaires)		GM20/9			
		Exogène de l'HER 21 (Massif Central Nord)					
21	MASSIF CENTRAL NORD	Cas général		G21	M21	P21	TP21
3	MASSIF CENTRAL SUD	Cas général		G3	M3	P3	TP3
		Exogène de l'HER 19 (Grands Causses)			M3/19		
		Exogène de l'HER 8 (Cévennes)			M3/8		
		Exogène de l'HER 19 ou 8		G3/19-8			

X Extrait de l'arrêté du 25 janvier 2010 définissant les critères d'évaluation de l'état écologique des masses d'eau cours d'eau

Valeurs inférieures des limites de classe par type* pour l'EQR I2M2		Catégories de taille de cours d'eau					
		Cas général, cours d'eau exogène de l'HER de niveau 1 indiquée ou HER de niveau 2	Très Grands	Grands	Moyens	Petits	Très Petits
Hydroécorégions de niveau 1							
20	DEPOTS ARGILLO SABLEUX	Cas général		0,665-0,443-0,295-0,148			
		Exogène de l'HER 9		0,665-0,443-0,295-0,148			
		Exogène de l'HER 21		0,665-0,498-	0,665-0,443-		
21	MASSIF CENTRAL NORD	Cas général		0,332-0,166	0,295-0,148	0,665-0,443-0,295-0,148	
3	MASSIF CENTRAL SUD	Cas général		0,665-0,498- 0,332-0,166	0,665-0,443-0,295-0,148		
		Exogène de l'HER 19			0,665-0,498-		
		Exogène de l'HER 8			0,332-0,166		
		Exogène de l'HER 19 ou 8		0,665-0,498- 0,332-0,166			

Y Exemple de résultat obtenu pour l’outil des indices hydro-biologiques FAQE

asc_code_station	asc_label_station_hydrobio	asc_code_indice	asc_label_indice	asc_2019	asc_2020	asc_2021	123 limite_inf	123 limite_sup	asc_moy_generale_etat	asc_etat_general									
05111950	Le Rieunort au niveau de Roquet 5596	5596	Le Rieunort au niveau de Roquet 7613	Indice biologique Diatomées (IBD)	1-0-5813	1-0-194	1-0-703	1-0-595	1-0-743	1-0-225	123 limite_inf	0,55	123 limite_sup	0,78	asc_moy_generale_etat	9 - 0,64 3	asc_etat_general	Moyen	
																			Mauvais

Z Diagramme de Gantt actuel : répartition du temps passé sur chaque tâche

