

Eaux pluviales - Image générée par IA



Tour Tanguy - © Only Fabrizio



Téléphérique - © Tourisme Bretagne



Jardin des explorateurs - © Le Parisien



Rue de Siam - © Arthur Loyd

# RAPPORT DE STAGE

**MISSION EFFECTUÉE : GESTION DES DONNÉES  
HYDRAULIQUES DE LE DIVISION EAUX  
PLUVIALES DU PÔLE ECOLOGIE URBAINE**

Auteure : Amélie NEDELEC - 4A DAE  
Tuteur professionnel : Nicolas FLOCH  
Tuteur académique : Sébastien LARRIBE

**Dates de stage : du 6 mai 2024 au 2 août 2024**  
**Organisme d'accueil : Brest Métropole**

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à exprimer ma sincère gratitude à l'ensemble de l'équipe de la division Eaux Pluviales, et plus largement du pôle Ecologie Urbaine, de Brest Métropole, pour m'avoir accueillie et soutenue tout au long de mon stage. Je remercie particulièrement monsieur Nicolas FLOCH, mon tuteur de stage, pour sa disponibilité, ses conseils et sa volonté de m'impliquer dans diverses missions, tout au long de cette expérience.

Je souhaite également remercier l'ensemble de mes collègues, notamment pour leur accueil chaleureux, leur bienveillance à mon égard et leur disposition à m'aider dans diverses tâches administratives ou techniques. Leur professionnalisme a grandement contribué à la réussite de ce stage.

Je remercie par ailleurs monsieur Sébastien LARRIBE pour son encadrement et ses conseils, notamment lors de la réunion téléphonique que nous avons effectuée au cours de ce stage ; appel qui m'a permis de bien re-définir les objectifs d'un stage de 4ème année et donc de confirmer l'épanouissement dans mes missions techniques.

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>SOMMAIRE</b>                                                                                                                | <b>0</b>  |
| <b>TABLE DES FIGURES</b>                                                                                                       | <b>2</b>  |
| <b>1. INTRODUCTION</b>                                                                                                         | <b>3</b>  |
| <b>2. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL</b>                                                                               | <b>4</b>  |
| 2.1. La métropole brestoise                                                                                                    | 4         |
| 2.2. Le fonctionnement administratif de Brest Métropole                                                                        | 4         |
| 2.3. Direction Ecologie Urbaine                                                                                                | 6         |
| <b>3. GESTION LOCALE DES EAUX PLUVIALES</b>                                                                                    | <b>7</b>  |
| 3.1. Divion Eaux Pluviales                                                                                                     | 7         |
| 3.2. Cadre théorique : définitions et concepts                                                                                 | 7         |
| 3.2.1. Les précipitations                                                                                                      | 8         |
| 3.2.2. Le ruissellement                                                                                                        | 8         |
| 3.2.3. L'imperméabilisation                                                                                                    | 8         |
| 3.2.4. Le risque inondation                                                                                                    | 9         |
| 3.3. Cadre réglementaire                                                                                                       | 10        |
| 3.3.1. La Directive européenne Cadre sur l'Eau (DCE)                                                                           | 10        |
| 3.3.2. Les différentes lois sur l'eau successives                                                                              | 10        |
| 3.3.3. Loi MAPTAM                                                                                                              | 11        |
| 3.3.4. Les différents codes (Collectivités Territoriales, Santé, Urbanisme, Environnement)                                     | 11        |
| 3.3.5. Les SAGE et SDAGE                                                                                                       | 11        |
| 3.3.6. Le SCoT                                                                                                                 | 12        |
| 3.3.7. Le PLU                                                                                                                  | 12        |
| <b>4. CONTEXTE GLOBAL ET ENJEUX DE LA GESTION DES EAUX PLUVIALES</b>                                                           | <b>13</b> |
| 4.1. Répondre à des enjeux de développement durable                                                                            | 13        |
| 4.2. Des missions correspondantes                                                                                              | 14        |
| 4.2.1. La déconnexion (réseaux unitaires)                                                                                      | 14        |
| 4.2.2. La mise en place d'aménagements                                                                                         | 15        |
| 4.2.3. La surveillance des systèmes                                                                                            | 18        |
| 4.2.4. La diffusion grand public ou sensibilisation                                                                            | 18        |
| <b>5. MISSION EFFECTUÉE</b>                                                                                                    | <b>20</b> |
| 5.1. La théorie des sujets relatifs aux Eaux Pluviales                                                                         | 20        |
| 5.1.1. Les pluviomètres                                                                                                        | 20        |
| 5.1.2. Les bassins de rétention                                                                                                | 23        |
| 5.1.3. L'imperméabilisation des sols                                                                                           | 24        |
| 5.2. Les réponses techniques aux problématiques                                                                                | 26        |
| 5.2.1. Optimisation de la gestion des données pluviométriques : méthodes et outils                                             | 26        |
| 5.2.2. Optimisation de la gestion des données des bassins de rétention : méthodes de traitement et perspectives d'amélioration | 28        |
| 5.2.3. Optimisation de la gestion des données d'imperméabilisation : vers une collaboration avec Polytech Tours ?              | 29        |

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| <b>6. RETOUR D'EXPÉRIENCE</b> | <b>30</b> |
| 6.1. Contenu du stage         | 30        |
| 6.2. Métier d'ingénieur       | 30        |
| 6.3. Domaine public           | 31        |
| 6.4. Perspectives d'avenir    | 31        |
| <b>7. CONCLUSION</b>          | <b>32</b> |

## TABLE DES FIGURES

**Figure 1 :** Brest Métropole – © Géo Pays de Brest

**Figure 2 :** Brest Métropole, bassin d'emploi – © ADEUPA, 2022

**Figure 3 :** Organigramme Brest Métropole – © NEDELEC Amélie

**Figure 4 :** Le ruissellement en zone naturelle VS en zone urbaine – © GRAND LYON guide pratique « aménagement et eaux pluviales »

**Figure 5 :** Une “ville-éponge” où les eaux pénètrent directement dans les sols sans percolation - © Creabéton.ch

**Figure 6 :** Cadre réglementaire – © NEDELEC Amélie

**Figure 7 :** Les trois piliers du Développement Durable, d'après Wikipédia – © NEDELEC Amélie

**Figure 8 :** Développement durable et gestion des Eaux Pluviales – © NEDELEC Amélie

**Figure 9 :** Zone en unitaire/zone en séparatif de Brest Métropole - © SAINT-GERMAIN Amélie

**Figure 10 :** Massif d'infiltration – © Guide Bâtiment Durable

**Figure 11 :** Puits d'infiltration – © Constructeur Travaux

**Figure 12 :** Cuves ou citernes – © SAMSE

**Figure 13 :** Cuves ou citernes – © SAMSE

**Figure 14 :** Revêtement perméable – © Cité Verte

**Figure 15 :** Toiture végétalisée – © Construire sa maison

**Figure 16 :** Echelles d'eau – © Echellesdeau.fr

**Figure 17 :** Bassin de rétention – © Sivom

**Figure 18 :** Panneaux explicatifs – © Brest Métropole

**Figure 19 :** Pluviomètre – © Université de Montpellier

**Figure 20 :** Pluviomètres Brest Métropole – © Nicolas FLOCH

**Figure 21 :** Bassins de retenue – © WikHydro/CEREMA

**Figure 22 :** Risques naturels de BM – © Nicolas FLOCH

**Figure 23 :** Matrice d'Eisenhower – © Asana

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre de ma formation en Aménagement et Environnement dispensée par l'Ecole Polytechnique de Tours, j'ai eu l'opportunité d'effectuer un stage, d'une durée de 12 semaines, s'étendant du 6 mai 2024 au 2 août de la même année. Ce stage a été effectué dans l'organisme public de Brest Métropole, qui se trouve être une structure administrative regroupant plusieurs communes autour de la ville de Brest, et ayant pour mission de gérer et coordonner les services publics et le développement dudit territoire. Plus précisément, ce stage s'est déroulé au sein de la direction Ecologie Urbaine de la métropole, dans la Division Eaux Pluviales et Ingénierie de l'Environnement, supervisée par mon tuteur professionnel, Nicolas FLOCH ; et m'a permis de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises tout au long de mon cursus.

L'objectif principal de ce stage était double ; comprendre le fonctionnement technique des ouvrages hydrauliques mis en place par le territoire pour infiltrer les eaux pluviales ; et, plus largement, découvrir les métiers liés à la gestion hydraulique des territoires. Dans le cadre de ce stage, j'ai donc eu l'occasion d'assister à différentes missions effectuées par les agents de la division en question ; études des réseaux déjà présents sur le territoire (réseaux unitaires/séparatifs) et sur la manière de perfectionner ce fonctionnement ; réflexions sur la mise en place de nouveaux ouvrages d'art permettant de répondre à l'ambition générale de limitation des inondations ; gestion technique et rencontre avec les particuliers et assurances vis à vis d'inondations ou d'infiltrations déjà survenues ; questionnements et approfondissements sur la manière dont gérer le processus de gestion hydraulique dans son entièreté... Pour ma part, ma mission principale était principalement orientée par rapport à ce dernier objectif de perfectionnement du système, tant cette tâche confiée consistait à revaloriser les données acquises par la division Eaux Pluviales dans le cadre de leurs fonctions (données pluviométriques ; données de perméabilité ; données de fonctionnement des systèmes hydrauliques ...). Par revalorisation, on entend ici entre autres concaténation, simplification, organisation et propositions de confrontation des données. En résumé, l'objectif de mon stage était donc de toucher à plusieurs types de données, de comprendre leur utilité, et de permettre aux employés pérennes du service de pouvoir les utiliser plus simplement dans le cadre de leurs missions.

Ce rapport se propose de présenter les différentes étapes de mon expérience, en commençant par une présentation de l'entreprise et de son environnement, suivie d'une description détaillée des missions réalisées, pour enfin dresser un bilan des compétences acquises et des enseignements tirés de cette expérience professionnelle.

## 2. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

### 2.1. La métropole brestoise

Bien que n'étant pas la préfecture du Finistère (29), département dont elle fait partie, la ville de Brest est le chef-lieu de celui-ci, comme en témoigne sa position de seconde ville la plus peuplée de la région Bretagne, juste après Rennes. Brest, connue pour son port militaire, le deuxième de France, et pour son rayonnement sportif actuel, s'inscrit dans un contexte urbain plus vaste, dans la mesure où elle est aujourd'hui juridiquement une métropole, et ce malgré des critères démographiques initialement non respectés. La métropole brestoise est basée sur l'existence d'un EPCI, ou Etablissement Public de Coopération Intercommunale, c'est-à-dire une structure administrative permettant à plusieurs communes d'exercer des compétences en commun. Cette intercommunalité est composée, depuis 1973, de 8 communes ; à savoir Bohars, Brest, Gouesnou, Guilers, Guipavas, Le Relecq-Kerhuon, Plougastel-Daoulas et Plouzané (figure 1) – villes accueillant, au total, 211 156 habitants en 2020 (chiffres les plus récents – *Comparateur de Territoires – Intercommunalité-Métropole de Brest Métropole (242900314) | Insee, s. d.*). L'intercommunalité brestoise a d'ailleurs obtenu son statut de métropole grâce au décret n° 2014-1079 du 22 septembre 2013 ; par conséquent, grâce à l'application de la loi de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles (Loi MAPTAM) du 27 janvier 2014. L'intercommunalité est donc aujourd'hui et depuis lors Brest Métropole, statut dont elle n'avait jusqu'à là que le nom (Brest Métropole Océane, BMO) et non le cadre légal. Brest Métropole est dorénavant régie par le maire de Brest, François CUILANDRE.

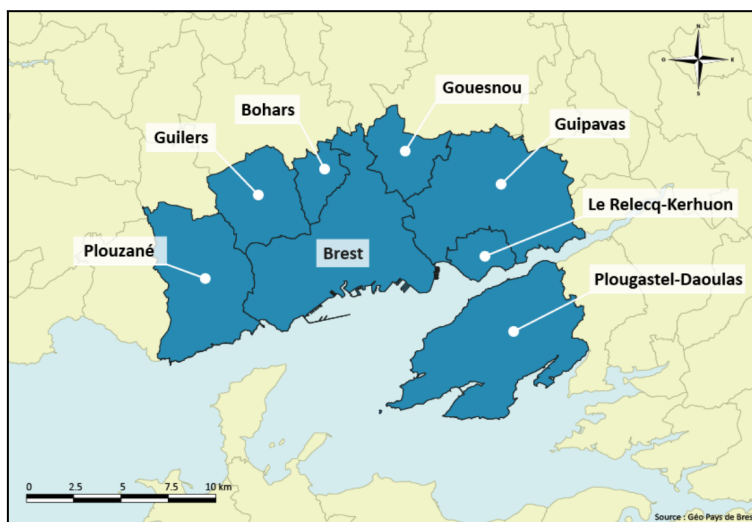
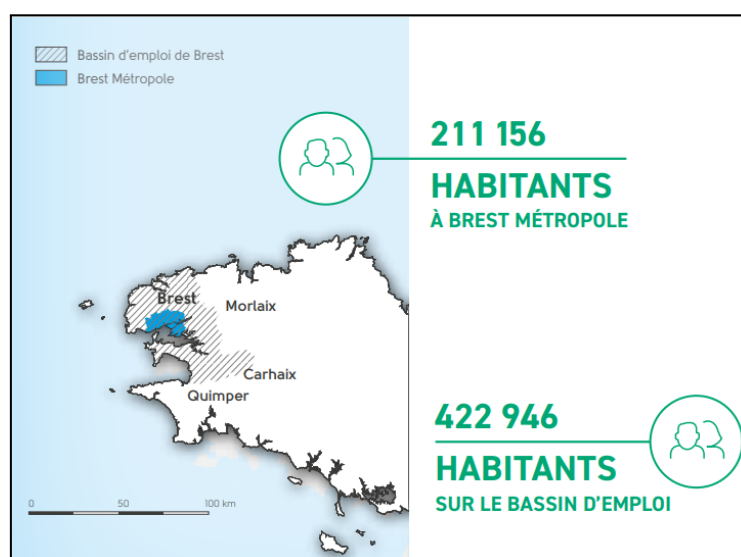


Figure 1 : Brest Métropole – © Géo Pays de Brest

### 2.2. Le fonctionnement administratif de Brest Métropole

A l'inverse d'autres métropoles naissantes des années 1970, la future Brest Métropole se singularise par sa volonté de collectivisation des pouvoirs et des projets, comme en témoigne le traitement communautaire des questions d'urbanisme (Plan d'occupation des sols (POS) puis Plan local d'urbanisme (PLU) communautaire) et d'aménagement de zones d'activités. Depuis 1973, l'intercommunalité brestoise a donc comme objectif de mener un projet transversal, avec des

compétences collectivisées. Cette vision décisionnelle mutualisée s'érige comme figure de proue depuis lors. En 2000, les communes membres de cette intercommunalité brestoise décident d'un transfert de compétences, depuis les instances administratives locales, vers celles centrales, notamment en matière de gestion de l'espace public. En 2008, est mise en place la Gestion unifiée du personnel (GUP) : tous les personnels de la ville de Brest sont transférés à Brest Métropole Océane, le nouveau nom de l'intercommunalité depuis 2004 (*Brest Métropole*, 2024). BMO sera même qualifiée par le journal local de « l'intercommunalité la plus intégrée de France » (*Ouest-France*, 2014). Tous les critères semblent donc réunis pour faire de BMO une métropole, à une exception près, comme susmentionnée : la démographie. Il faut en effet 500 000 habitants à une intercommunalité pour être qualifiée de métropole sur le territoire français ; or l'EPCI brestois n'en regroupe à peine que la moitié, ce qui semble à première vue être un obstacle de taille. Cependant, grâce à la loi de la modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles (Loi MAPTAM) du 27 janvier 2014, plus besoin de 500 000 habitants ; il faut et suffit à l'EPCI de se trouver dans un bassin d'emploi de 400 000 personnes (*Décret N° 2014-1079 du 22 Septembre 2014 Portant Création de la Métropole Dénommée « Brest Métropole » - Légifrance*, s. d.). Et Brest répond bel et bien à ce dernier critère, d'où l'accord du statut juridique (*figure 2*).



**Figure 2** : Brest Métropole, bassin d'emploi – © ADEUPA, 2022

Aujourd'hui, le secteur administratif de Brest Métropole exerce sous cinq casquettes différentes, qui correspondent aux cinq pôles de l'organigramme ci-après (*figure 3*). L'idée sous-jacente issue de l'existence de cinq pôles est que la métropole prenne seule, et de manière publique, la plupart des décisions en matières d'aménagement et d'entretien des infrastructures urbaines, de régulation des pouvoirs législatifs, économiques et sociaux des 8 communes citées, de l'intendance des administrations publiques affiliées (écoles, sports, culture), et de la gestion de la biodiversité de l'ensemble de ces communes.

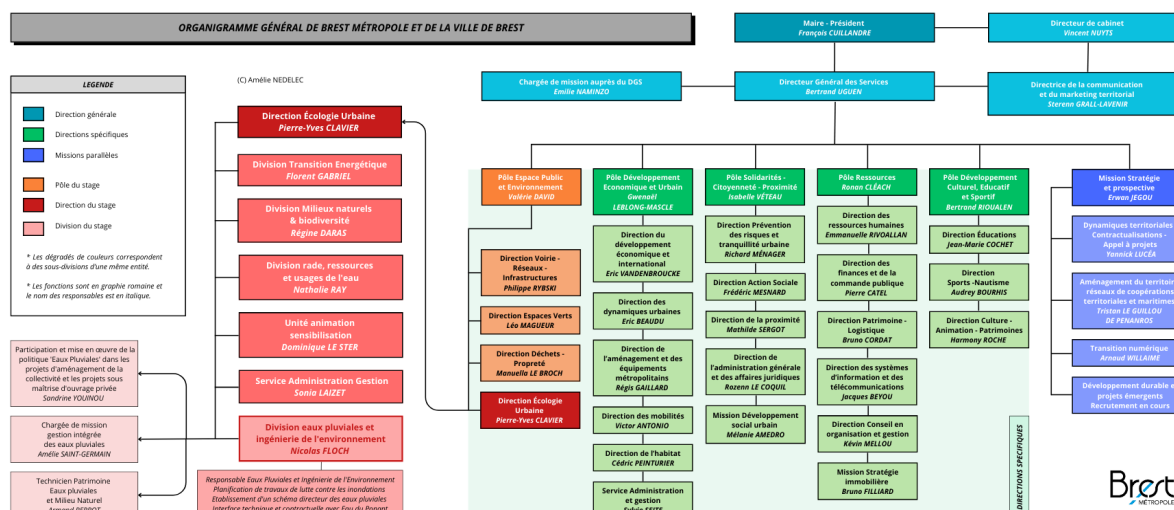


Figure 3 : Organigramme Brest Métropole – © NEDELEC Amélie (agrandie en ANNEXE 1)

## 2.3. Direction Ecologie Urbaine

La direction d'Écologie Urbaine, dans laquelle le stage ici décrit a été effectué, appartient au pôle Espace Public et Environnement de la métropole. Ce département base son travail sur le respect de trois objectifs principaux : réduire l'empreinte environnementale, préserver la rade de Brest, et s'engager pour la biodiversité (*Agir Pour L'environnement*, s. d.). Pour ce faire, l'organisation des missions du département s'effectue selon deux volets : administratif, et technique.

Administrativement parlant, Brest Métropole et la direction Écologie Urbaine plus particulièrement, suit des Plans nationaux dont l'idée sous-jacente est d'améliorer la qualité de vie de tout un chacun. Parmi ceux-ci, entre autres, on retrouve le Plan Climat Air Énergie Territorial, qui accompagne les Brestois dans la gestion durable de leurs déchets, dans l'utilisation du réseau de chaleur urbain, ou encore dans la revégétalisation de la métropole. Les acteurs administratifs du service ont donc pour rôle de cadrer et d'accompagner les techniciens dans leurs missions.

Ainsi, techniquement parlant, la direction Ecologie Urbaine se retrouve au centre des actions concrètes de la métropole en vertu du développement durable. Par exemple, l'un des agissements du département consiste à participer à une déconnexion des eaux pluviales, c'est-à-dire faire en sorte à ce que l'eau de pluie ne se mélange pas aux eaux usées (mise en place d'un réseau séparatif), et qu'ainsi, en cas de fortes pluies, moins de pollution ne soit occasionnée par le déversement de ces eaux dans la rade. L'idée est aussi de préserver cette-dite rade, via un contrat de rade signé en janvier 2022 entre Brest métropole, le syndicat de bassin de l'Elorn, l'établissement public d'aménagement et de gestion du bassin versant de l'Aulne et la préfecture du Finistère ; contrat mettant en œuvre un plan d'action concernant l'assainissement, la restauration des fonctionnalités naturelles des milieux et la lutte contre les pollutions diffuses. Enfin, Brest Métropole et la direction Ecologie Urbaine oeuvre activement pour préserver la biodiversité, et ce à l'aide d'un Plan biodiversité basé sur : le développement, le partage et la mutualisation, de la connaissance sur la biodiversité ; la préservation, la restauration et la gérance des continuités écologiques ; et enfin, la volonté d'impliquer la population, les acteurs et actrices du territoire et de susciter l'envie d'agir en faveur de la biodiversité (*Agir Pour L'environnement*, s. d.).

### 3. GESTION LOCALE DES EAUX PLUVIALES

#### 3.1. Divion Eaux Pluviales

Au sein même de la direction Ecologie Urbaine se trouvent plusieurs entités de travail, qui sont nommées des divisions. Parmi ces divisions, à savoir celle relative à L'Énergie, au Milieux naturels et Biodiversité, à la Rade, Ressources et Usages de l'eau, à la Sensibilisation en écologie urbaine, et au Service Administration Gestion, se trouve également la *Division Eaux Pluviales et Ingénierie de l'Environnement*. Cette unité de travail n'existe que depuis 2012, car les eaux pluviales étaient jusqu'à lors gérées par un service commun Eau et Assainissement. Or, la dimension environnementale semblait jusqu'à lors passer au second plan en ce qui concernait la gestion des Eaux Pluviales par ce service Assainissement, l'interprétation économique et pratique des composants de Voirie semblant alors prendre l'ascendant sur le reste. Pour cette raison, le service de Gestion des Eaux Pluviales devait émerger car la considération écologique devenait de plus en plus importante dans la naissance des nouveaux projets d'aménagements du territoire. En parallèle, la Société Publique Locale Eau du Ponant, dont le rôle est justement de gérer tout ce qui touche à l'assainissement dans la métropole, a vu le jour, mettant de fait un point final à la collaboration étroite entre les deux volets de la gestion des Eaux. Les deux entités gardent malgré tout des liens privilégiés et sont en constant contact, notamment pour tout ce qui concerne les opérations de maintenance des outils et ouvrages hydrauliques.

Tandis que la SPL Eau du Ponant s'occupe de fournir le Pays de Brest en eau potable et gérer la collecte des eaux usées par le réseau, leur traitement en station d'épuration, ainsi que le curage éventuel de dispositifs hors d'état de marche, la division Eaux Pluviales de Brest Métropole, quant à elle, s'affaire avant tout à favoriser l'infiltration des précipitations, dans la mesure du possible (selon la perméabilité des sols), et ainsi limiter les rejets d'eaux parasites vers le réseau. Administrativement parlant, d'après le *RÈGLEMENT DU SERVICE PUBLIC DES EAUX PLUVIALES* élaboré par le Pôle Espace Public et Environnement Direction Ecologie Urbaine le en juillet 2016 (Brest Métropole, 2016), le système public de gestion des eaux pluviales a en effet vocation à collecter, transporter et évacuer les eaux pluviales issues de l'aire urbaine correspondant au territoire de Brest métropole dans le but d'éviter toute perturbation de cette-dite aire urbaine, et doit donc mettre en oeuvre tout ce qui est en son possible pour répondre à ce dessein.

#### 3.2. Cadre théorique : définitions et concepts

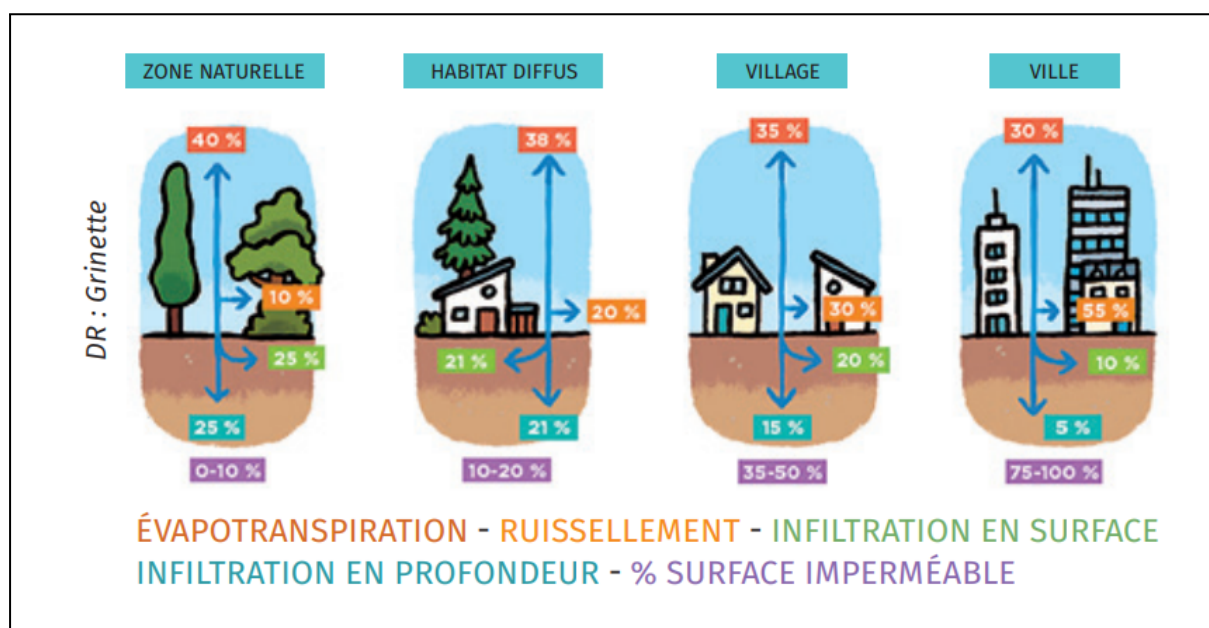
Le travail de la division Eaux Pluviales de Brest Métropole repose donc sur un vocabulaire précis, qu'il convient de définir au préalable. En effet, puisque le travail des agents du service consiste à limiter le ruissellement des eaux sur des surfaces imperméabilisées afin de limiter le risque inondation, principalement en cas de fortes précipitations, il est primordial pour bien comprendre le métier de d'ores et déjà bien appréhender la définition de chacun des termes de cette-dite mission.

### 3.2.1. Les précipitations

A proprement parler, les précipitations désignent toutes les formes d'eau provenant de l'atmosphère (*Les Précipitations / Eaufrance*, s. d.). Elles proviennent de la condensation de l'eau présente dans l'atmosphère en gouttelettes ou cristaux qui, lorsqu'ils deviennent trop lourds, chutent vers le sol. Bien que la métropole brestoise soit peu soumise aux précipitations de type neige (1 à 2 jours par an) ou grêle (10 à 15 jours par an, contre 150 à 200 jours de pluie), il est tout de même nécessaire de mentionner que ces précipitations existent et doivent être prises en compte dans le travail des agents. Elles ne constituent malgré tout pas le cœur de l'ouvrage.

### 3.2.2. Le ruissellement

La raison pour laquelle l'aménagement public s'intéresse aux précipitations subies par les métropoles est le ruissellement. Le ruissellement, en hydrologie, c'est un écoulement instantané et temporaire, diffus ou concentré, des eaux sur un versant à la suite d'une averse (Larousse, s. d.). En zone agricole, le ruissellement est moindre, car le revêtement des sols, constitué de terre ou de plantes, est poreux, et permet donc facilement aux précipitations de s'infiltrer dans le sous-sol. En revanche, en zone urbaine, les sols sont majoritairement composés de matériaux imperméables, qui ne laissent donc pas à l'eau la possibilité de s'infiltrer aussi rapidement qu'elle le ferait en pleine nature (voir figure 4) : c'est le principe du ruissellement, ou les eaux percolent donc d'une zone haute vers une zone basse, à savoir de l'amont d'un bassin versant vers son aval.



**Figure 4** : Le ruissellement en zone naturelle VS en zone urbaine –  
© GRAND LYON guide pratique « aménagement et eaux pluviales »

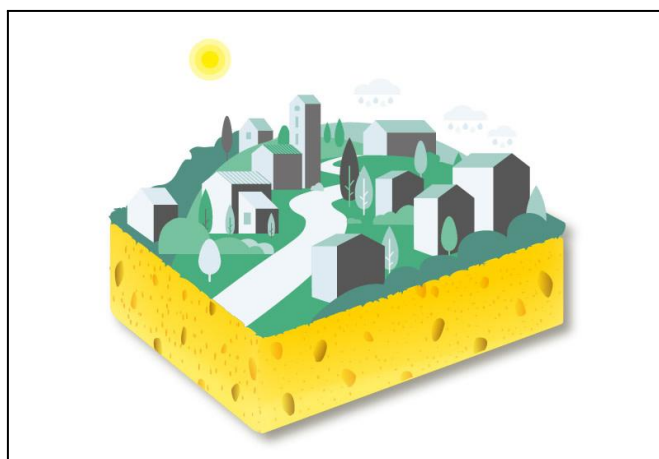
### 3.2.3. L'imperméabilisation

Ainsi, les précipitations ruissellent davantage sur les sols imperméabilisés, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a plus d'échanges biophysiques entre les couches souterraines et aériennes d'une zone. L'imperméabilisation est souvent induite par des aménagements, mais elle peut aussi survenir à la

suite de pratiques sur le sol conduisant à son tassement (*Limiter L'imperméabilisation des Sols*, s. d.). L'imperméabilisation des sols existe de toujours, mais s'est grandement accélérée ces dernières années, en raison d'une urbanisation toujours plus importante. En effet, pour la construction des infrastructures de logements ou de voirie, qui se voulaient de plus en plus nombreuses, des matériaux stables, mais donc peu poreux, étaient privilégiés, comme le béton et l'asphalte, à d'autres matériaux. Aujourd'hui, on se rend compte, un peu tard, que les conséquences sont lourdes : réduction de la recharge des nappes phréatiques, pollution des eaux, chaleur urbaine, mais surtout augmentation drastique du ruissellement, et donc du risque d'inondation.

#### 3.2.4. Le risque inondation

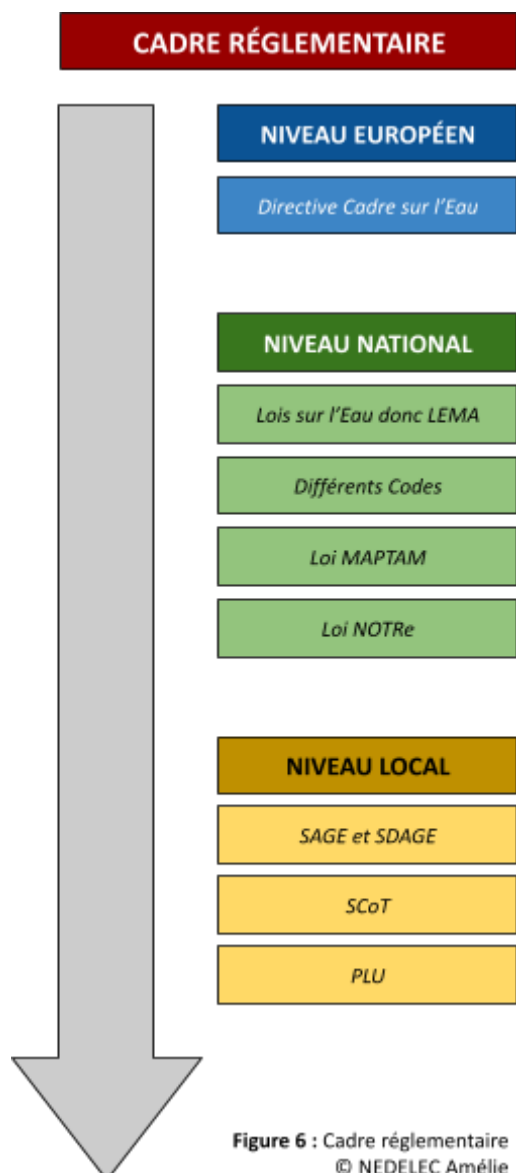
Une inondation, c'est une submersion rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. Les inondations peuvent être de 3 types : dûes à une montée lente des eaux en région de plaine par débordement d'un cours d'eau ou remontée de la nappe phréatique ; dûe à une formation rapide de crues torrentielles consécutives à des événements pluvieux violents ; ou dûes à un ruissellement pluvial renforcé par l'imperméabilisation des sols et les pratiques culturelles limitant l'infiltration des précipitations (Direction de l'Ecologie Urbaine, s. d.). Somme toute, dans 2 cas sur 3, les précipitations jouent un rôle clé dans la survenue d'une inondation. Qui plus est, on constate, comme on a pu le comprendre auparavant, que l'imperméabilisation des sols renforce le risque de montée des eaux. C'est ce que l'on appelle le principe de la ville entonnoir ; les eaux percolent, de l'amont vers l'aval, s'additionnant au fur et à mesure de leur parcours. Une fois arrivées au point le plus bas, puisque les ouvrages ne sont pas dimensionnés pour tout type d'occasion, principalement pas pour les événements pluvieux exceptionnels, les eaux se mettent à stagner, et alors surviennent lesdites inondations. Le seul moyen de contrer ce principe est de mettre en place un système de type ville éponge (*voir figure 5*) ; permettre aux eaux de s'infiltrer directement où elles tombent via des ouvrages allant en ce sens.



**Figure 5 :** Une “ville-éponge” où les eaux pénètrent directement dans les sols sans percolation - © Creabeton.ch

### 3.3. Cadre réglementaire

Le risque inondation est donc omniprésent dans la gestion des Eaux Pluviales de chaque intercommunalité, du moins françaises. Le but étant unique, limiter ce risque, les moyens en sont pourtant très différents en fonction des unités géographiques dans lesquelles on se place. En effet, les intercommunalités dépendent de nombreuses directives, allant de l'échelle européenne à l'échelle territoriale. Brest Métropole ne fait pas exception à la règle, et est sous la tutelle de diverses réglementations, détaillées ci-après, et pouvant être résumées selon le schéma suivant (figure 6) ;



#### 3.3.1. La Directive européenne Cadre sur l'Eau (DCE)

Il s'agit de la seule réglementation agissant à l'échelle européenne. La DCE, rédigée en octobre 2000, fixe comme objectifs la préservation et la restauration de l'état des eaux, quelles qu'elles soient. Pour ce faire, les services de gestion des eaux pluviales des collectivités doivent suivre plusieurs grands principes, à savoir se fixer des buts concernant l'état des masses d'eau, c'est-à-dire des découpages élémentaires des milieux aquatiques destinés à être les unités d'évaluation de ladite directive (*Masse D'eau* | [data.eaufrance.fr](http://data.eaufrance.fr), s. d.) – et ce en planifiant une méthode de travail avec des échéances répétées, ou encore le renforcement de la transparence sur les politiques de l'eau. Dans le droit français, les textes réglementaires rédigés à l'échelle locale, à savoir les SAGE, SDAGE, SCoT ou PLU doivent à tout prix respecter cette DCE.

#### 3.3.2. Les différentes lois sur l'eau successives

Les différentes lois sur l'eau, à savoir celle du 16 décembre 1964, celle du 3 janvier 1992 et celle du 30 décembre 2006, ont permis le fait que l'eau soit reconnue comme patrimoine commun de la nation, et donc à ce que l'on puisse reconnaître un réel "droit à l'eau", c'est-à-dire faire en sorte qu'une lutte active soit menée contre les pollutions diffuses, et ce afin de reconsidérer la dimension écologique des cours d'eau (*Loi N° 2006-1772 du 30 Décembre 2006 Sur L'eau et les Milieux Aquatiques (1)*. - *Légifrance*, s. d.). Ces lois, et principalement la dernière, la

Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques, ou LEMA, sont la base du travail hydraulique actuel des métropoles.

### **3.3.3. Loi MAPTAM**

Dans la même veine, existe la loi MAPTAM, ou loi de Modernisation de l'Action Publique Territoriale et d'Affirmation des Métropoles, qui a notamment permis la création de la compétence GEMAPI, à savoir la gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations, qui est donc désormais une compétence confiée aux intercommunalités (métropoles, communautés urbaines, communautés d'agglomération, communautés de communes) par ces dites lois de décentralisation n° 2014-58 du 27 janvier 2014 et n° 2015-991 du 7 août 2015, depuis le 1er janvier 2018. Grâce à ces deux lois successives, et notamment en vertu de la seconde, appelée loi NOTRe (Nouvelle Organisation Territoriale de la République), la métropole brestoise est donc désormais la seule à gérer l'aménagement des bassins versants, l'entretien et l'aménagement des cours d'eau, canaux, lacs et plans d'eau, la défense contre les inondations et contre la mer, la protection et la restauration des zones humides, et la gestion intégrée des eaux pluviales, limitant ainsi les acteurs concernés et donc les risques potentiels de dysfonctionnements (*Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations (GEMAPI) | Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires, s. d.*).

### **3.3.4. Les différents codes (Collectivités Territoriales, Santé, Urbanisme, Environnement)**

Par ailleurs, les différents codes, c'est-à-dire ces recueils organisés de lois et de règlements relatifs à un domaine spécifique du droit, ont une importance primordiale dans le domaine de la gestion intégrée des eaux pluviales. En effet, à titre d'exemple, on peut citer le code général des collectivités territoriales, qui permet entre autres de définir le zonage des eaux pluviales, c'est-à-dire « les zones où des mesures doivent être prises pour limiter l'imperméabilisation des sols et pour assurer la maîtrise du débit et de l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellement » (*Article L2224-10 - Code Général des Collectivités Territoriales - Légifrance, s. d.*). Le code de la santé publique a également son importance, dans la mesure où il présente le fait qu'une commune peut fixer des prescriptions techniques pour la réalisation des raccordements des immeubles au réseau public de collecte des eaux usées et des eaux pluviales. Les codes de l'urbanisme, de l'environnement et civil ont également leur importance, bien qu'à moindre mesure, puisque permettent que les installations respectent les grands principes juridiques, sociaux et écologiques se cachant derrière le terme générique de développement durable (Direction de l'Écologie Urbaine, s. d.).

### **3.3.5. Les SAGE et SDAGE**

Les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) et les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) ont eux aussi pour grand principe de gérer les ressources en eau françaises de manière stratégique. En effet, tandis que le SDAGE fixe les grandes orientations pour la gestion de l'eau, y compris les eaux pluviales, à l'échelle des bassins hydrographiques, le SDAGE, quant à lui, décline les orientations du SDAGE à une échelle plus locale, celle des sous-bassins ou des parties de bassins. Le SAGE définit des objectifs spécifiques, des mesures concrètes et des règles d'usage adaptées aux particularités locales. Ensemble, ces deux schémas directeurs permettent donc aux communes d'avoir un cadre fixe quant à la prévention des inondations et le contrôle de qualité des eaux (Direction de l'Écologie Urbaine, s. d.).

### **3.3.6. Le SCoT**

Le SCoT, ou schéma de Cohérence Territoriale, est un document de planification urbaine qui vient régir en parallèle des SAGE et des SDAGE sur plusieurs types d'aménagements du territoire, devant souvent respecter les grands principes énoncés par ces premiers. Il joue de fait un rôle significatif dans la gestion des eaux pluviales de plusieurs façons : il permet l'intégration des enjeux environnementaux, notamment en promouvant la réduction de l'imperméabilisation des sols ou en admettant la nécessité de la protection et de la restauration des zones humides ; mais il permet également une harmonisation et mise en cohérence des pratiques de gestion à l'échelle intercommunale, en impliquant chaque commune concernée de la même façon et de manière coordonnée (Direction de l'Ecologie Urbaine, s. d.).

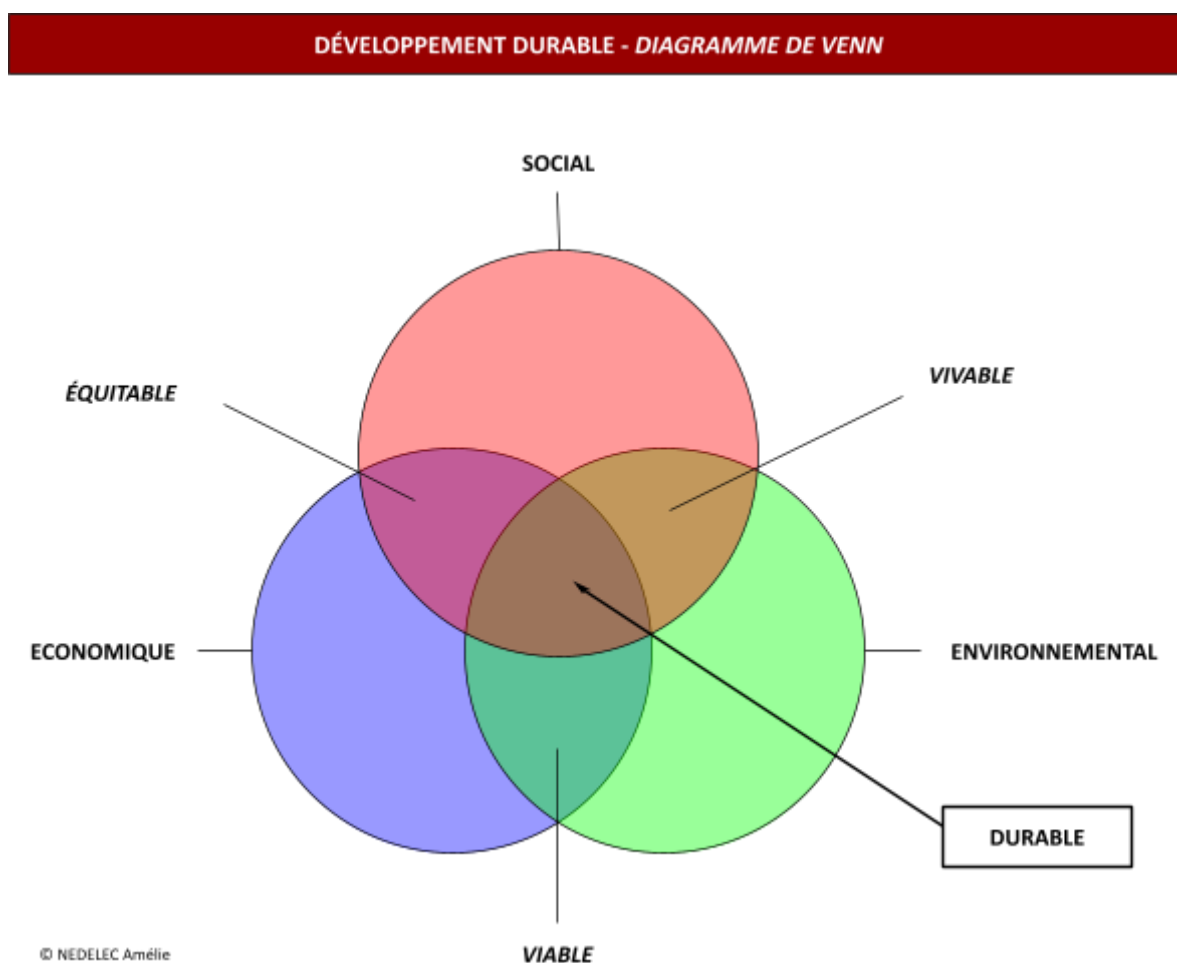
### **3.3.7. Le PLU**

Le PLU, c'est le Plan Local d'Urbanisme, soit le document de planification stratégique se trouvant encore à l'échelle en-dessous des précédents. Les objectifs concernant les eaux pluviales du PLU de Brest Métropole doivent donc respecter les dispositions de ces-dits plans, tout en leur apportant des compléments. Pour la métropole brestoise, les desseins sont donc les suivants : préserver la qualité des ressources en eau et pérenniser les usages ; accompagner le développement et le renouvellement de l'urbanisation en adéquation avec les infrastructures existantes et les capacités du milieu naturel ; maîtriser le ruissellement urbain et anticiper les conditions d'écoulement de surface de l'eau dans le but d'éviter de créer de nouvelles zones vulnérables au ruissellement ; et enfin proposer des projets d'aménagement dans l'optique d'une gestion durable du patrimoine de gestion des eaux pluviales en créant des ouvrages de qualité, conformes aux critères de conception et de gestion définis par la collectivité (Brest Métropole, s. d.). Le volet Eaux Pluviales du PLU de la métropole permet de fait de définir les grands enjeux de l'intercommunalité en la matière, mais également d'en proposer des règles pour y parvenir, ajoutant alors un aspect technique au document à visée première informative et politique.

## 4. CONTEXTE GLOBAL ET ENJEUX DE LA GESTION DES EAUX PLUVIALES

### 4.1. Répondre à des enjeux de développement durable

L'expression *sustainable development*, traduite par « développement durable », apparaît pour la première fois en 1980 dans la Stratégie mondiale de la conservation, une publication de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Elle se traduit quelques années plus tard, en 1987 et selon les mots de la présidente de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement Harlem Brundtland, comme étant « Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. » (*Développement Durable : Définition et Objectifs*, s. d.). Les années passant, la définition dudit terme se précise, jusqu'à devenir, en 1992, lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, aussi nommée « sommet de la Terre de Rio », un concept basé sur trois piliers, tel que nous le connaissons aujourd'hui ; « Les pays pourraient élaborer des systèmes de surveillance et d'évaluation des progrès accomplis dans le sens d'un développement durable, en adoptant des indicateurs qui permettent de mesurer les changements dans les domaines économique, social et environnemental. » (*Action 21 - Chapitre 8*, s. d.) Un diagramme, appelé diagramme de Venn, permet de résumer ce concept simplement tel qu'illustré en figure 7 ci-dessous :



**Figure 7** : Les trois piliers du Développement Durable, d'après Wikipédia – © NEDELEC Amélie

Ainsi, peu à peu, et notamment au vu des différentes législations s'étant mise en place depuis l'échelle européenne jusqu'à l'échelle locale, le développement durable est devenu un concept phare dans la vision stratégique des porteurs de progrès actuels, depuis les politiques eux-même jusqu'aux aménageurs du territoire. De ce fait, dans chaque sous-domaine, il est important de considérer les hypothèses de développement comme répondant à des objectifs économiques, sociaux et, en ce qui concerne les Eaux Pluviales, avant tout environnementaux. Concrètement, gérer les eaux pluviales consiste en la protection des populations contre les inondations qui pourraient les toucher, en la réduction des pollutions de milieux, qui pourraient impacter les espèces

piscicoles, conchylicoles mais pas seulement, et en la mise en place d'infrastructures novatrices permettant de ne pas avoir à gérer l'après événements pluvieux en les gérant directement à la source. Cela se traduit en termes de respect des pratiques de développement durable selon le diagramme de Venn ci-contre (figure 8).

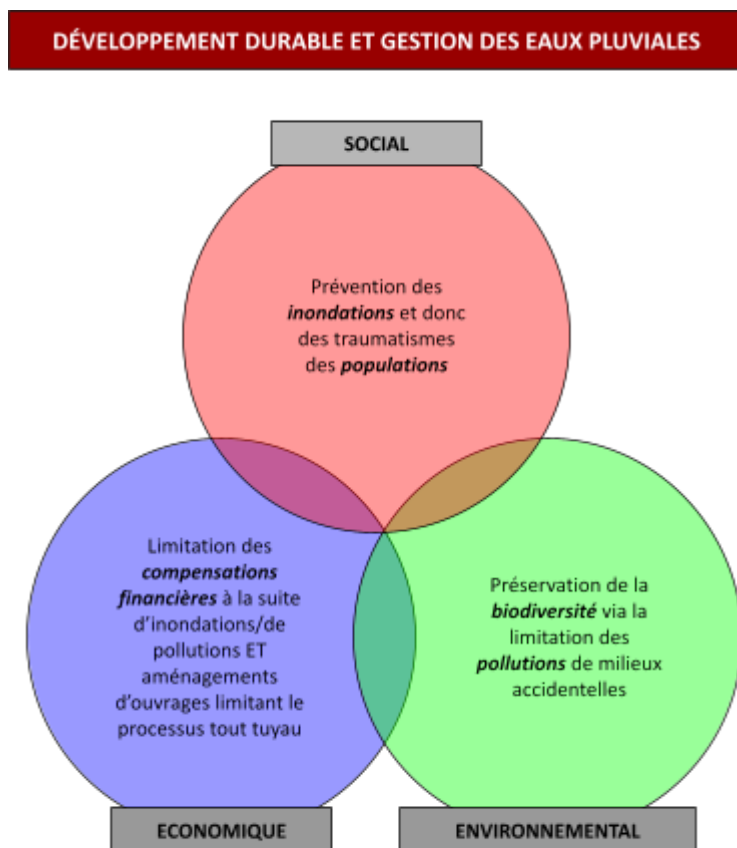


Figure 8 : Développement durable et gestion des Eaux Pluviales – © NEDELEC Amélie

#### 4.2. Des missions correspondantes

Pour répondre à ces axes de travail, les agents de la division Eaux Pluviales ont donc des missions à effectuer. Ces missions se décomposent en plusieurs catégories, à savoir :

##### 4.2.1. La déconnexion (réseaux unitaires)

En France, et depuis le début du XIXème siècle, il existe dans les villes deux types de gestion des eaux : le réseau séparatif, qui consiste à ce que les eaux usées domestiques (salle bain, cuisine, WC...) et les eaux pluviales s'écoulent dans deux réseaux différents et adaptés, le réseau d'eaux usées menant les eaux à une station d'épuration pour qu'elles y soient traitées et le réseau d'eaux pluviales renvoyant les eaux directement dans les rivières ; et le réseau unitaire, dans lequel les eaux usées et pluviales sont collectées dans de même canalisation. Ce second type de réseau pose quelques problèmes en termes de fonctionnement ; en effet, lors des surcharges ponctuelles de

réseaux, à la suite d'un fort événement pluvieux, par exemple, les eaux débordent, et le surplus est récolté dans un déversoir d'orage, une sorte de soupape de sécurité d'une station d'épuration qui rejette directement les eaux usées dans le milieu naturel sans traitement préalable. L'existence d'une zone unitaire dans la ville de Brest (voir figure 9) est donc un sujet primordial pour lequel il faut trouver des solutions efficaces, et ce dans l'optique d'éviter toutes pollutions telles qu'évoquées précédemment.

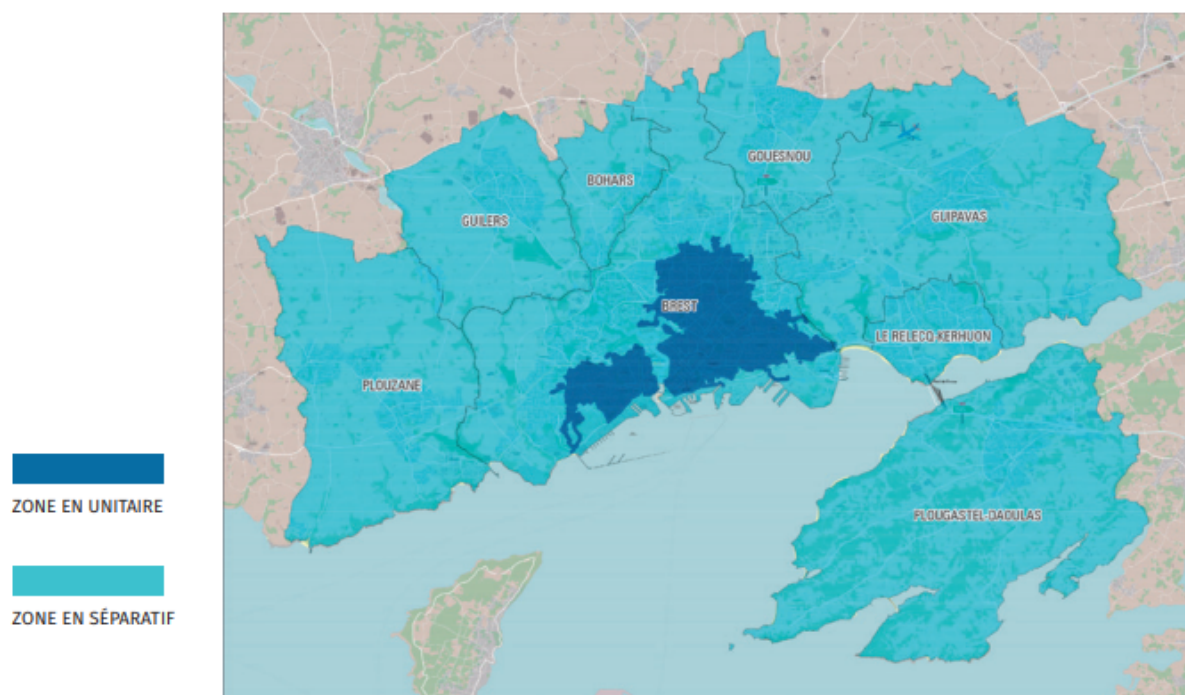


Figure 9 : Zone en unitaire/zone en séparatif de Brest Métropole - © SAINT-GERMAIN Amélie

L'idée dans ce sens est donc de procéder à une déconnexion des réseaux, c'est-à-dire de faire en sorte à ce que les eaux pluviales viennent sortir des canalisations traditionnelles du réseau unitaire, et ce via des processus techniques ou biologiques, à l'instar de l'infiltration ou de l'évapo-transpiration des végétaux (par Amélie SAINT-GERMAIN, chargée de mission gestion intégrée des eaux pluviales).

#### 4.2.2. La mise en place d'aménagements

Pour répondre à ce premier enjeu, et notamment à la nécessité d'infiltration des eaux dans les sols, différents types d'aménagements ont été réfléchis par les agents du service, chacun d'entre eux ayant des spécificités, et permettant ainsi aux ouvrages d'être complètement adaptés au contexte spatial dans lequel ils s'inscrivent. Dans cette mesure, il existe notamment :

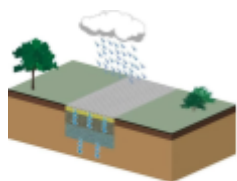


Figure 10 : massif d'infiltration –  
© Guide Bâtiment Durable

- **Les massifs d'infiltration** (figure 10), qui sont des structures de profondeur variable conçues pour stocker et évacuer les eaux pluviales dans le sol ou le sous-sol, au plus près de l'endroit où elles tombent. Leur fonctionnement repose sur la

collecte de l'eau soit par des drains ou des canalisations qui diffusent l'eau dans le massif, soit directement par ruissellement sur la surface. L'eau est alors temporairement stockée dans la structure, puis évacuée par infiltration directe dans le sol ou par rejet à faible débit vers un exutoire. Ces deux méthodes d'évacuation peuvent être combinées, et un trop-plein raccordé à un exutoire peut être prévu pour plus de sécurité ;

- **Les puits d'infiltration** (figure 11), qui fonctionnent en dirigeant l'eau pluviale soit par ruissellement direct, soit par un réseau pluvial. Un regard de décantation est utilisé pour retenir les feuilles et autres déchets éventuels. L'eau est ensuite infiltrée en traversant une couche de sol non saturée et perméable. L'infiltration se fait à la fois par le fond et les parois du puits. Pour plus de sécurité, un trop-plein connecté à un exutoire peut être installé ;



Figure 11 : puit d'infiltration –  
© Constructeur Travaux

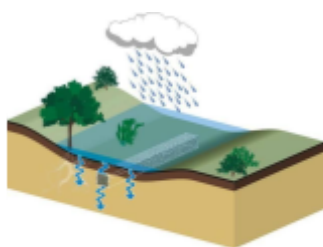


Figure 12 : noues –  
© Guide Bâtiment Durable

- **Les noues** (figure 12), ouvrages qui recueillent l'eau de pluie, soit par des canalisations, soit directement par ruissellement depuis les surfaces environnantes. Après avoir été stockée, l'eau est évacuée soit par infiltration dans le sol, soit par rejet à faible débit vers un exutoire, tel qu'un réseau de collecte ou un milieu naturel. Ces ouvrages peuvent être drainés pour améliorer la percolation de l'eau. De plus, ils peuvent être végétalisés afin de favoriser la dépollution, l'absorption de l'eau et le développement de la biodiversité des milieux humides ;

- **Les cuves ou citernes** (figure 13) qui, qu'elles soient installées en surface ou enterrées, sont conçues pour recueillir l'eau. Les volumes collectés peuvent être utilisés soit par vidange gravitaire, soit à l'aide d'une pompe dans le cas d'une cuve enterrée. Le trop-plein est évacué soit par infiltration, soit vers un exutoire. Ces installations fonctionnent de manière similaire à des bassins de retenue étanches avec un débit de fuite nul. La taille de la cuve est ajustée en fonction de la surface imperméabilisée à collecter ;



Figure 13 : cuves ou citernes –  
© SAMSE



Figure 14 : revêtements  
perméable – © Cité Verte

- **Les revêtements perméables** (figure 14), qui offrent une alternative aux revêtements traditionnels imperméables. En réduisant les surfaces imperméabilisées, ils permettent de diminuer significativement le ruissellement des eaux pluviales. Composés de matériaux poreux ou non étanches, ces revêtements facilitent une infiltration diffuse des eaux dans le sol, directement à proximité de la zone où le ruissellement se forme ;



Figure 15 : toiture végétalisée –  
© Construire Sa Maison

- **Les toitures végétalisées** (figure 15), qui permettent de retenir temporairement l'eau de pluie sur le toit, sur quelques centimètres, grâce à un parapet autour de la toiture. Une partie de l'eau est absorbée ou s'évapore, particulièrement dans le cas des toitures végétalisées, tandis que le reste est évacué par un dispositif de vidange qui régule les débits ;

- **Les échelles d'eau** (figure 16), qui sont des casiers sans fond, alignés les uns à la suite des autres, qui conviennent particulièrement pour l'installation de haies en bordure de propriété. Ces ouvrages sont idéaux pour les parcelles de petite taille ou celles disposant de peu d'espaces libres ;



Figure 16 : échelles d'eau –  
© Echellesdeau.fr

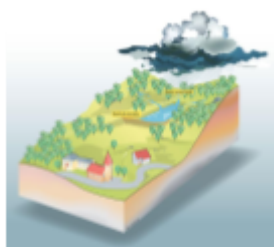


Figure 17 : bassins de rétention  
– © Sivom

- Et enfin **les bassins de rétention** (figure 17), qui sont des dépressions creusées dans le sol permettant de retenir l'eau de pluie. Le bassin ne se remplit que lors d'épisodes pluvieux, et se vide en quelques heures. Il peut alors être conçu comme étanche ou perméable pour favoriser l'infiltration des eaux. En période sèche, cet espace peut être utilisé à d'autres fins, comme une aire de jeux, une place, ou un espace paysager. C'est un des ouvrages privilégiés par les collectivités dès lors qu'elles ont l'espace nécessaire pour les ériger.

Le point commun de l'ensemble de ces ouvrages, dont le fonctionnement est plus amplement détaillé dans les fiches techniques de Brest Métropole (*Fiches Techniques Eaux Pluviales*, s. d.), est la manière dont ils sont dimensionnés ; le but final étant que le temps d'infiltration des eaux soit inférieur à 24h. Or, le temps d'infiltration est le quotient de volume pluviométrique ( $V$ ) devant être infiltré par unité de temps par le débit d'infiltration ( $Q$ ). Le volume infiltrable dépend intrinsèquement d'un retour de pluie fixé, en général une pluie décennale ( $P_{déc}$ ), c'est-à-dire un événement pluviométrique qui a une probabilité de se produire une fois tous les dix ans, et de la surface active ( $S_{act}$ ) de la zone où l'ouvrage à vocation d'être construit. La surface active se trouve d'ailleurs être la somme de l'ensemble des surfaces imperméabilisées, autrement dit le produit de la surface projet totale ( $S_{pro}$ ) par le coefficient de ruissellement ( $Cr$ ) de la zone traitée. Le débit d'infiltration, quant à lui, dépend du coefficient de perméabilité du matériel utilisé dans l'ouvrage ( $K$ ) et de la surface d'infiltration de celui-ci ( $S_{inf}$ ). Ainsi, on a  $t = \frac{V}{Q}$  donc  $\frac{S_{pro} \times Cr \times P_{déc}}{K \times S_{inf}} = t$ . Et, de ce fait, on obtient :  $S_{inf} = \frac{S_{pro} \times Cr \times P_{déc}}{K \times t}$  avec  $t$  fixé à 24h, et les autres données étant, ou devant être connues. La surface d'infiltration minimale est donc calculée de cette manière, et dépend ensuite de la forme et du type d'ouvrage choisi. Les ouvrages d'art hydrauliques étant la plupart du temps installés en milieu urbain, le but de la métropole est donc généralement de minimiser cette surface d'infiltration pour gagner de l'espace.

#### 4.2.3. La surveillance des systèmes

Afin de dimensionner ces ouvrages hydrauliques, on l'a vu, la dimension pluviométrique est importante. De fait, il est nécessaire pour les agents du service de garder un œil sur cette pluviométrie. Pour cette raison, surveiller les données acquises par les pluviomètres de la métropole est une étape importante du métier. Par ailleurs, il est également primordial pour le travail de la division d'être vigilants sur les données de fonctionnement des ouvrages précédemment décrits. Dans cette mesure, des données portant sur la hauteur d'eau des bassins de rétention, par exemple, sont disponibles via un logiciel nommé Aquacalc, fourni par la SPL précédemment décrite de Eau du Ponant. L'étude de ces données permet par la suite de savoir si l'ouvrage en question nécessite, ou non, une opération de maintenance. Le travail de surveillance des systèmes est donc primordial pour la division de Gestion des Eaux Pluviales car permet aux agents engagés de s'assurer du bon fonctionnement de leur dispositifs, avant et pendant leur utilisation.

En outre, la surveillance des systèmes va de paire avec les contrôles de conformité, menés par Eau du Ponant, dont le but est de veiller à la concordance des installations privées d'assainissement avec ce qu'elles annoncent. Dans certains cas, la direction Ecologie Urbaine peut être amenée à vérifier les conditions de raccordement des eaux pluviales en application du règlement de service.

#### 4.2.4. La diffusion grand public ou sensibilisation

Comme pour tout travail concernant l'écologie, le levier de diffusion de l'information est important. Pour la division Eaux Pluviales, le fait d'instruire les citoyens sur le fonctionnement des ouvrages hydrauliques mis en place dans l'intercommunalité est de ce fait essentiel. Dans cette mesure, des panneaux explicatifs ont donc été érigés près desdits ouvrages (*voir figure 18*) et des prospectus informatifs sont proposés à chaque salon ou événement portant sur le climat.



**Figure 18** : Panneaux explicatifs – © Brest Métropole

Cependant, il pourrait être utile pour la prospérité des ouvrages de davantage engager des actions dont l'objectif serait d'expliquer et de promouvoir leur fonctionnement, et ce afin que les particuliers s'inspirent de ces aménagements dans leurs propriétés privées, qui aujourd'hui concentrent la plupart des zones susceptibles de subir des inondations. Le levier de diffusion de l'information et de sensibilisation au grand public est donc celui sur lequel le plus de travail reste à fournir aujourd'hui. Des propositions ont malgré tout été formulées en ce sens par différents agents

du service ; à titre d'exemple, des totems pourraient être érigés dans des zones fortement soumises au risque d'inondation. En effet, des outils techniques, captant l'humidité des réseaux souterrains afin d'en retirer de l'information, ont d'ores et déjà été pensés et implantés dans certains espaces, tels qu'à Kérinou, à Brest – l'information en temps réel permettant de connaître le risque inondation y existe donc, et de ce fait il ne reste plus qu'à la diffuser, par exemple au moyen de totem de couleur mis en place au-dessus des feux de circulation présents dans cette zone. Le plus dur reste malgré tout à faire, car les idées sont nombreuses mais encore faut-il trouver du temps et de l'argent à y consacrer.

## 5. MISSION EFFECTUÉE

Comme explicité précédemment, la gestion des Eaux Pluviales passe donc par plusieurs missions, dont les principales restent le dimensionnement d'ouvrages d'art et la sensibilisation du grand public. En tant que stagiaire, le but était avant tout que je puisse assister à la réalisation de l'ensemble de ces missions, et que je puisse en prendre part, au moins en partie, pour comprendre les métiers de chacun des agents de la division. Pour ce faire, il était intéressant de trouver quel était le socle commun de l'ensemble de ces tâches, afin que je puisse travailler sur ce point précis et donc être en contact avec l'ensemble des corps de métier.

Il se trouve justement que, dans la gestion des Eaux Pluviales comme dans beaucoup de métiers d'ailleurs, le support de l'ensemble des travaux réalisés est toujours le même, à savoir la gestion des données. En effet, la plupart des métiers liés à l'ingénierie utilisent des méthodes déjà prédéfinies pour répondre à des problèmes précis, la plus-value résidant dans l'utilisation de données appliquées, caractéristiques de la question traitée ; et dans la proposition de compléments théoriques permettant d'améliorer lesdites méthodes ; c'est d'ailleurs dans cette mesure que se distingue le métier d'ingénieur de celui de chercheur.

Ainsi, à Brest Métropole comme ailleurs, la collecte de données pratiques, qui permettent ensuite d'établir des constats sur le territoire, est essentielle pour le travail de chacun. C'est pourquoi mon stage s'est principalement concentré sur la gestion des données relatives aux eaux pluviales. Bien que cette tâche puisse sembler répétitive et peu attrayante au premier abord, les données contiennent des informations précieuses qui permettent d'améliorer la qualité du travail et la production de l'ensemble des agents du service.

Les missions du stage ont donc consisté à analyser différentes données. Je commencerai par présenter la théorie sous-jacente à ces données, suivie des méthodes utilisées pour en extraire les informations clés, avant de conclure sur les résultats obtenus dans chacun des cas précisés.

### 5.1. La théorie des sujets relatifs aux Eaux Pluviales

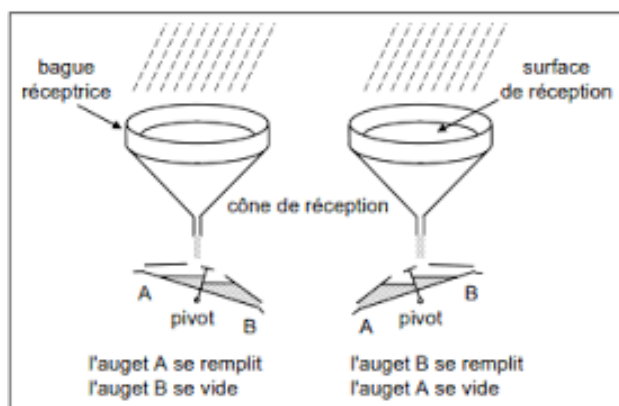
#### 5.1.1. *Les pluviomètres*

La première de mes missions consistait à traiter les données dites pluviométriques ; il est donc primordial de d'abord définir ce terme ; un pluviomètre est un instrument technique, utilisé pour mesurer la quantité de précipitations frappant un territoire donné. Dans ce contexte, lorsque l'on parle de précipitations, on pense tout d'abord à la pluie ; cependant, la rosée, la neige et la grêle sont également à prendre en compte dans cette mesure globale.

Les pluviomètres peuvent être de deux types : manuel et automatique. Le pluviomètre manuel se compose généralement d'un cylindre ou d'un entonnoir pour collecter l'eau de pluie, et d'un récipient gradué pour mesurer la quantité d'eau recueillie. Le pluviomètre automatique, plus sophistiqué, et donc plus onéreux, fonctionne grâce à une jauge qui pèse un récipient, basculant une fois plein. Ce dispositif comprend quant à lui un cône de collecte dirigeant l'eau de pluie vers une évacuation unique. Sous ce cône se trouvent des augets qui recueillent la pluie ; chaque auget

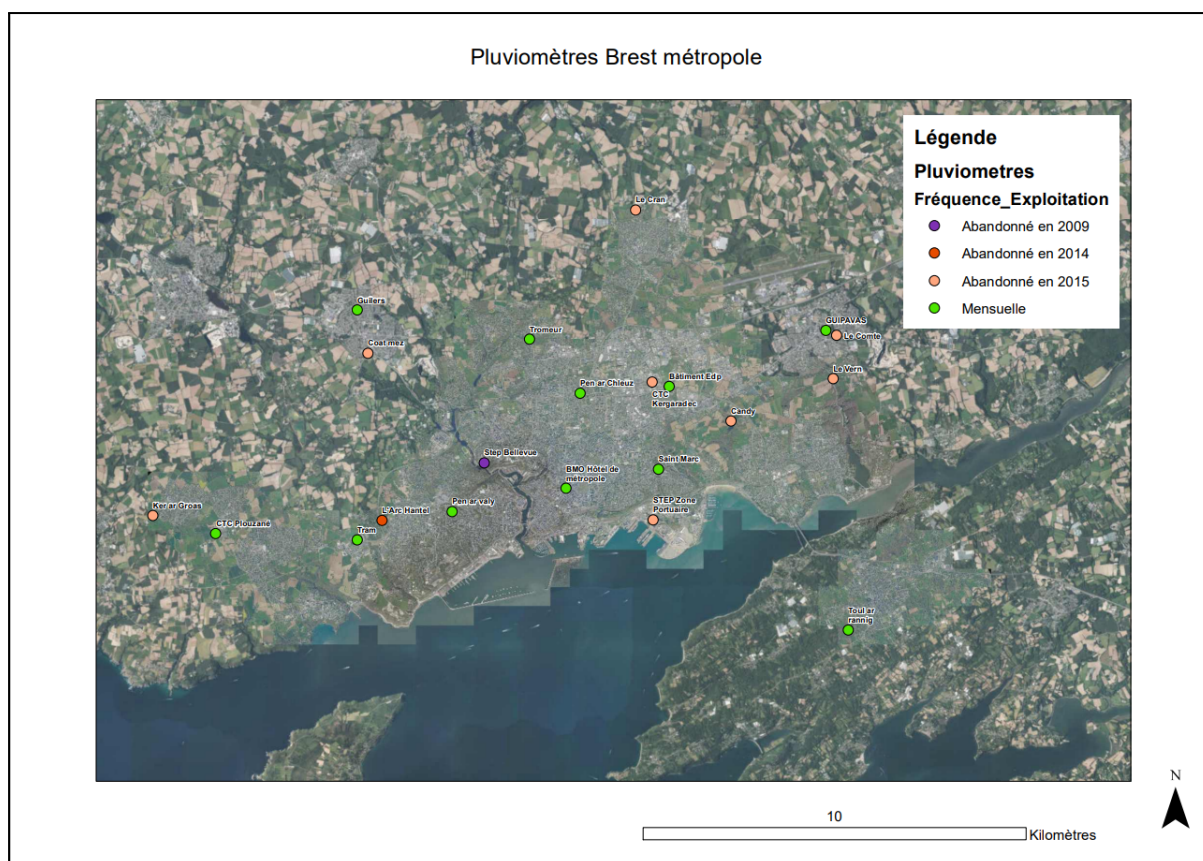
bascule après avoir accumulé un certain volume d'eau, envoyant une impulsion électrique pour comptabiliser la pluie (*figure 19*). Avec une masse volumique estimée à environ  $10^3 \text{ kg/m}^3$  pour l'eau de pluie et des augets pesant typiquement 20 grammes, chaque basculement correspond à environ 0,2 mm de pluie (Mayer, s. d.). Dans les milieux professionnels, les pluviomètres automatiques sont ainsi préférés aux pluviomètres manuels car moins sujets aux incertitudes de mesures. De ce fait, l'intérêt principal d'un pluviomètre réside dans sa capacité à fournir des données précises sur les précipitations. Ces données sont essentielles dans de nombreux domaines, surtout :

- L'agriculture : Les agriculteurs utilisent les mesures de précipitations pour ajuster leurs pratiques agricoles, comme la planification des périodes de semis et de récolte, ainsi que pour gérer l'irrigation.
- L'hydrologie : Les pluviomètres sont utilisés pour surveiller les niveaux d'eau dans les cours d'eau, les lacs et les réservoirs, ce qui est crucial pour la gestion des ressources en eau et la prévention des inondations.
- La météorologie : Les données recueillies par les pluviomètres sont utilisées pour prévoir le temps et étudier les modèles météorologiques à long terme.
- La gestion des risques : Les assureurs et les organismes gouvernementaux utilisent les données des pluviomètres pour évaluer et gérer les risques liés aux catastrophes naturelles telles que les inondations.



**Figure 19** : Pluviomètre – © Université de Montpellier

La division Eaux Pluviales de la direction Ecologie Urbaine de Brest Métropole utilise donc des pluviomètres, et ce à des fins hydrologiques, météorologiques, et de même gestion de risques, telles que décrites précédemment. Dans la région métropolitaine de Brest, les précipitations peuvent en effet représenter un risque météorologique lorsque leur fréquence ou leur intensité dépasse la normale (Brest Métropole, 2022) (*figure 20*).



**Figure 20 : Pluviomètres Brest Métropole - © Nicolas FLOCH**

Ainsi, pour la collectivité, il est essentiel de toujours garder un œil sur les données pluviométriques acquises ; techniquement parlant, cela permet par exemple d'éviter les débordements des réseaux, de maintenir la qualité de l'eau et ses usages, de contrôler les coûts collectifs et même de favoriser un aménagement durable du territoire (*Les Volumes de Précipitations / Eaufrance*, s. d.). L'obtention de ces données se fait via un logiciel nommé Topkapi. Ce logiciel est complété grâce à un partenariat avec la Société Publique Locale (SPL) Eau du Ponant, société qui dessert un tiers de la population du Finistère en eau potable. Ainsi, une quantité importante de données est stockée dans des serveurs, mais cette donnée n'était jusqu'à lors que peu, voire pas exploitée.

Pourtant, tout un réseau d'appareils a été établi sur le territoire et est régulièrement mis à jour, afin que l'ensemble de ce territoire puisse être couvert. Les objectifs du processus sont multiples : en premier lieu, avant la crise, pouvoir dimensionner des bassins de rétention répondant aux conditions climatiques locales ; et en second lieu, une fois la crise passée, pouvoir acquérir le statut juridique de catastrophe naturelle pour une zone géographique, et ce même si la station météorologique radar de Brest-Guipavas, c'est-à-dire la station météorologique attitrée pour le territoire, ne donnait pas cette information à première vue. La mission est donc de traiter les données pluviométriques comme il se doit, afin d'en retirer toute l'information nécessaire.

### 5.1.2. Les bassins de rétention

La seconde mission porte sur l'exploitation des données relatives aux bassins de rétention, dont le concept du fonctionnement à d'ores et déjà été présenté (*partie 4.2.2.*). Pour rappel, les bassins de rétention sont des ouvrages hydrauliques pour lesquels différentes formes sont possibles, notamment de surface, ou souterrains (*figure 21*). Dans les deux cas, ils peuvent être installés sur tout type de réseau ; unitaires ou séparatifs. De ce fait, les bassins de rétention ont plusieurs utilités :

- Limiter les périodes d'inondation en stockant les excédents pluviométriques en cas de fortes précipitations. L'idée est donc un stockage provisoire permettant par la suite de libérer progressivement les eaux excédentaires à un débit contrôlé.
- Réduire les volumes d'eau rejetés par les déversoirs d'orage et la charge polluante associée grâce à un processus de décantation, et donc augmenter la qualité de l'eau.
- Renforcer la recharge de la nappe phréatique.

|                           |                | mode de vidange              | uniquement sur réseau pluvial  | sur réseau unitaire ou pluvial | uniquement sur réseau unitaire |
|---------------------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ouvrage de surface sec    | bassin sec     | restitution à débit contrôlé | bassin de stockage-restitution |                                |                                |
|                           |                | restitution par infiltration | bassin d'infiltration          |                                |                                |
| ouvrage de surface en eau | bassin en eau  | restitution à débit contrôlé | bassin de stockage-restitution |                                |                                |
|                           |                | restitution par infiltration | bassin d'infiltration          |                                |                                |
| ouvrage enterré           | bassin enterré | restitution à débit contrôlé | bassin de stockage-restitution |                                |                                |
|                           |                | restitution par infiltration | bassin d'infiltration          |                                |                                |

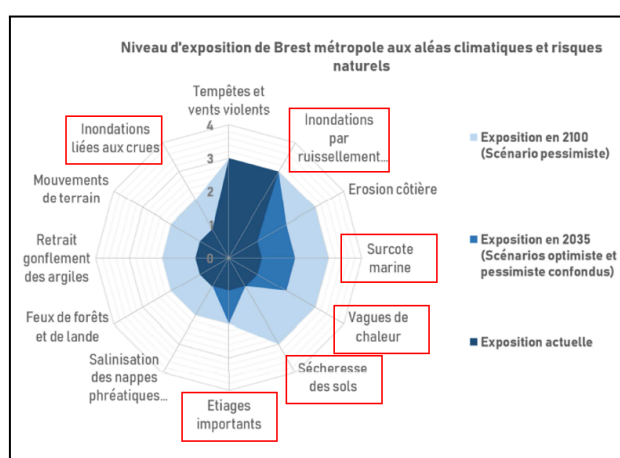
**Figure 21** : Bassins de retenue – © WikHydro/CEREMA

A leur genèse en France, c'est-à-dire dans les années 1970, les bassins de rétention avaient été imaginés comme des ouvrages interdits au public, à l'image des STEP (*stations d'épuration*), par exemple (*Bassin de Retenue (HU)* - Wikhydro, s. d.). Or, les politiques d'aménagement mises en place au fil des sont venues contredire cette initiative première, et les bassins de rétention sont aujourd'hui de plus en plus intégrés dans les projets urbains. Ainsi, leurs fonctions se sont accrues, et les bassins de rétention ont aujourd'hui également pour sous-objectifs :

- Offrir des espaces verts et des zones récréatives pour les habitants. Les bassins peuvent être intégrés dans des parcs et des jardins publics, fournissant des espaces de loisirs tout en remplissant leur fonction première.
- Sensibiliser le grand public aux enjeux environnementaux et hydrologiques. En rendant ces ouvrages accessibles et en les intégrant dans des zones pédagogiques, il est possible d'éduquer la population sur l'importance de la gestion de l'eau et de la protection de l'environnement.
- Contribuer à la biodiversité urbaine. Les bassins de rétention peuvent servir de refuge pour la faune et la flore locales, créant des écosystèmes diversifiés au sein des zones urbaines.
- Réduire les îlots de chaleur urbains. En intégrant des éléments aquatiques et végétalisés, ces bassins peuvent aider à rafraîchir les quartiers environnants, améliorant ainsi le confort thermique des habitants.

En conclusion, les bassins de rétention, initialement conçus uniquement pour des fonctions hydrauliques, ont évolué pour devenir des éléments multifonctionnels des projets d'aménagement urbain. Ils jouent un rôle clé dans la gestion des eaux pluviales, tout en apportant des bénéfices environnementaux et sociaux.

La division Eaux Pluviales de la direction Ecologie Urbaine de Brest Métropole utilise de fait des bassins de rétention pour son processus de gestion des eaux. Dans la collectivité, l'objectif principal de ces ouvrages hydrauliques est avant tout de pouvoir réguler les potentielles inondations. En effet, la métropole brestoise est soumise à de multiples risques dans ce domaine, à savoir les inondations liées aux crues, celles par ruissellement, ou encore la surcote marine, par exemple. Le rôle des dispositifs est de fait de réguler, de temporiser ces phénomènes, afin qu'ils ne s'aggravent pas, ou peu, dans les années à venir, comme illustré sur le schéma ci-dessous (*figure 22*).



**Figure 22** : Risques naturels de BM – © Nicolas FLOCH

Ainsi, et suite à des plaintes d'habitants et constats flagrants de dysfonctionnements des dispositifs d'infiltrations existants (ou plutôt, inexistantes jusqu'à lors), des bassins de rétention ont été envisagés, puis réalisés sur certaines zones clés de la métropole ; les retours d'expériences sont bons, le rôle principal de ces bassins ayant bien été respecté.

En revanche, il arrive parfois que les sondes mesurant le niveau d'eau de ces bassins de rétention ne mesurent en réalité pas ce qu'elles devraient, mais plutôt la végétation poussant dans ces bassins. Il est donc important, à l'aide des données acquises par les appareils de mesure mis en place par la SPL Eau du Ponant, de pouvoir constater quand la mesure de la végétation biaise l'acquisition de résultats, et ainsi prévoir un fauchage éventuel, et ce dans l'objectif de maintenir le rôle premier de ces bassins, à savoir la gestion des inondations – la gestion des données à donc ici pour ambition première d'assurer une manutention toujours à la hauteur des résultats finaux voulant être obtenus.

### 5.1.3. L'imperméabilisation des sols

Enfin, la dernière mission qui m'a vu être confiée portait sur l'imperméabilisation des sols. L'imperméabilisation des sols correspond au recouvrement d'un sol par un matériau imperméable (*tel que l'enrobé ou le béton*), matériau qui réduit la capacité d'infiltration de l'eau (Cerema, 2022).

Elle est donc partie, mais pas entièrement, de ce que l'on nomme communément l'artificialisation des sols. D'après la loi Climat et Résilience de 2021, l'artificialisation des sols, (*LOI N° 2021-1104 du 22 Août 2021 Portant Lutte Contre le Dérèglement Climatique et Renforcement de la Résilience Face À Ses Effets - Légifrance*, s. d.), c'est « l'altération durable de tout ou partie des fonctions écologiques d'un sol, en particulier de ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques, ainsi que de son potentiel agronomique par son occupation ou son usage ». Pour répondre à ces altérations tangibles, la législation s'est adaptée, en proposant notamment comme objectif la Zéro Artificialisation Nette (ZAN) d'ici à 2050. De fait, pour répondre à ce dessein, les institutions telles qu'elles soient tentent d'avoir le plus possible recours au principe de désimperméabilisation des sols.

Qui plus est, l'imperméabilisation des sols entraîne des problèmes écologiques et sociaux récurrents, tels que l'augmentation du ruissellement, et donc des phénomènes d'inondations ; tels que la pollution des eaux, car le ruissellement tend à emporter certains polluants, dont les huiles, les métaux lourds ou les déchets azotés, vers les exutoires que sont rivières, les lacs et les mers, dégradant ainsi la qualité des eaux ; ou encore tels qu'une baisse de la recharge des nappes phréatiques, c'est-à-dire des réserves d'eau potable, déjà mises à mal par le réchauffement climatique.

Pour ces raisons, il est désormais demandé aux aménageurs du territoire, à l'instar des promoteurs immobiliers, de limiter l'imperméabilisation des surfaces qu'ils utilisent pour leurs projets. Pour vérifier le respect de cette condition, il leur est donc réclamé de faire figurer, dans leurs études préalables à l'établissement d'un permis de construire, les coefficients de ruissellement et de perméabilité du projet ; c'est-à-dire, d'une part, le rapport entre la hauteur d'eau qui a ruisselé sur une surface donnée (qu'on nomme aussi « pluie nette ») et la hauteur d'eau précipitée (« pluie brute ») : c'est le coefficient ruissellement, qui lorsqu'il se rapproche de 1 indique que la surface est très imperméabilisée ; et d'autre part, le coefficient de perméabilité, donné en mm/h, qui traduit la capacité d'un sol à se laisser traverser par des fluides : ce coefficient qui doit être fourni en postulat après-projet, permettant ainsi d'évaluer ce dernier respecte bien le principe ZAN.

L'imperméabilisation des sols est donc un sujet central pour les collectivités, dans la mesure où elle nécessite la collaboration de plusieurs services, qui n'ont pas toujours les mêmes objectifs la concernant ; voirie, habitat, écologie... La direction Ecologie Urbaine, et plus particulièrement la division Eaux Pluviales, est de fait plus que directement concernée par le sujet. En effet, il revient à ce service d'étudier les raisons des inondations urbaines et de la pollution des eaux, et à proposer des solutions pour remédier à ces déconvenues. Or, nous l'avons vu, l'imperméabilisation des sols est très largement responsable de ces phénomènes, d'où la nécessité d'y garder un contrôle certain.

Ainsi, les agents de la division Eaux Pluviales ont tout intérêt à bien étudier les coefficients de ruissellement et de perméabilité présentés ci-dessus. De cette manière, ils n'auront qu'à mener un travail préventif davantage qu'un travail curatif devant intervenir sur des projets antérieurs. Dans le contexte de dérèglement climatique actuel, il est donc plus que primordial de pouvoir avoir accès à ces éléments de mesure, d'une manière simple et universaliste, tel que proposé dans la partie suivante.

## 5.2. Les réponses techniques aux problématiques

### 5.2.1. Optimisation de la gestion des données pluviométriques : méthodes et outils

La métropole brestoise acquiert depuis plusieurs décennies déjà des données pluviométriques. Ces dernières lui permettent d'orienter ses projets, de recalibrer des ouvrages techniques, et enfin d'évoluer d'un même temps que progresse le réchauffement climatique. De ce fait, les méthodes d'acquisition des données associées ont su évoluer du même pas que l'ont fait les prestataires chargés de les acquérir. Tout d'abord, Brest Métropole, à l'époque BMO, travaillait en cohérence avec l'entreprise Véolia, groupe « concevant et déployant des solutions utiles et concrètes pour la gestion de l'eau, des déchets et de l'énergie qui participent à changer radicalement la donne » (*Veolia En Bref*, s. d.). Le groupe mettait alors à disposition de la métropole un Portail Technique conçu par leur Direction Technique, leur permettant d'avoir directement accès via Internet à différents fichiers de tout ordre (Rapport Excel, comptes-rendus Word, documents techniques format pdf, etc.), dont notamment le plus important en matière de pluviométrie, ce que l'on appelle des fichiers d'exploitation, à savoir des bilans LERNE ; ces fichiers, qui regroupent donc des données pluviométriques, ont été récoltés au pas de temps 3 min, de 2005 à 2012, au format CSV. Par la suite, Eau du Ponant, une SPL dont le siège social est basé à Brest, a développé une plateforme logicielle, nommée Topkapi, qui a donc pris le relais des bilans LERNE. Cette plateforme logicielle permettait entre autres de télécharger des bilans pluviométriques sans condition, mais nécessitait donc un travail régulier d'information par l'agent directement. Ce dernier pouvait, s'il le souhaitait, télécharger lesdits fichiers numériques, alors stockés au format CSV, TXT ou Excel, en fonction du choix de l'utilisateur. Certains de ces fichiers avaient déjà été téléchargés lors de ce début de stage, d'autres non.

La première étape était donc de trouver l'ensemble des fichiers déjà disponibles, d'en faire la liste, en précisant leur format, afin de différencier le traitement qu'ils devraient subir par la suite. A l'aide de la carte ArcMap mise à jour par les agents du service et recensant les différents pluviomètres existants sur la métropole depuis 2005 et jusqu'à aujourd'hui, il a fallu et suffit de dresser une liste des données déjà acquise pour chacun d'entre eux, et celles demandant à être acquises dans un second temps.

Concernant les données d'ores et déjà acquises, il a fallu construire tout un processus pour le traitement. Le but final étant d'avoir, pour chaque pluviomètre et pour chacune des années de leur fonctionnement, deux types de fichiers différents traitant de deux informations différentes ; un premier fichier, se scindant en fait en quatre fichiers, faisant figurer des informations telles que les précipitations cumulatives par heures, jours et moins ainsi que les données brutes telles qu'acquises en premier lieu ; et un second fichier, faisant notamment figurer les durées des événements pluvieux et les durées séparant ces événements. Les fichiers contiennent par ailleurs évidemment les données date/heure mises en parallèles des données de précipitations. En revanche, les objectifs de ces fichiers sont différents ; les premiers doivent permettre aux agents du service d'effectuer des statistiques sur les événements pluvieux par pluviomètres ; et le second doit permettre à ces mêmes agents de pouvoir compléter un fichier Excel type permettant de dimensionner des ouvrages hydrauliques, de type bassins de rétention – fichier type qui utilise notamment comme données entrantes les précipitations, les durées des événements et les durées inter-événements.

Afin de pouvoir traiter ces données, c'est-à-dire des centaines de milliers de lignes (entre 175200 et 175680 lignes) pour chaque pluviomètres et pour chaque année, donc plusieurs millions en tout et pour tout, il a fallu trouver des moyens rapides pour le traitement de données. En premier lieu, pour des opérations simples, l'outil ACCESS a été utilisé. ACCESS, c'est une base de données relationnelle éditée par Microsoft, dont le fonctionnement m'avait été enseigné sur les bancs de l'école, en 3ème année d'études d'ingénieurs à Polytech Tours. Cet outil est facile d'accès, mais les requêtes envisagées demandaient un lourd travail à l'outil. Par conséquent, on lui a privilégié VBA, ou Visual Basic for Applications, qui est un langage de programmation orienté objet. Comme pour tout langage de programmation, les bases algorithmiques sont les mêmes ; il a simplement fallu, en amont, lire un peu de documentation pour comprendre la forme du langage. Étant plus ou moins autodidacte sur ce point, et le langage ne permettant pas une mise en avant claire des erreurs lorsque celles-ci arrivaient parfois, je me suis aidée d'intelligences artificielles, telles que Chat GPT ou Gemini, pour corriger mes erreurs. Après plusieurs jours, voire semaines de travail, des codes clairs et efficaces ont pu être élaborés (ANNEXE 2). De ce fait, en les exécutant, j'ai pu obtenir les fichiers que je désirais. Il est malgré tout important de souligner qu'il a d'abord fallu mettre tous les fichiers étudiés dans la même forme, c'est-à-dire utiliser l'outil "Nouvelle requête" d'Excel pour transformer les fichiers CSV en format Excel exploitable. De ce fait, ce travail m'a permis de bien connaître et comprendre les différentes fonctionnalités d'Excel, et donc d'être plus efficace dans ce domaine et de réussir en utilisant le logiciel à pouvoir dégager les informations intéressantes.

Maintenant, concernant les données qui n'apparaissent nulle part, ni sur les serveurs de la Métropole, ni dans les fichiers collaboratifs, il a fallu batailler avec les détenteurs pour pouvoir les acquérir ; et encore, seulement partiellement. En effet, la SPL Eau du Ponant étant en cours de changement de logiciel de traitement, les données comprises dans le premier logiciel sont effacées progressivement ; il faut donc chercher beaucoup plus loin dans les serveurs pour avoir accès à la donnée, ce qui ne peut être du ressort que des informaticiens de la SPL uniquement. Qui plus est, l'accès même aux logiciels initiaux a constitué tout un chemin de croix ; car les informaticiens de la SPL ET de Brest Métropole devaient travailler de manière coordonnée pour autoriser les accès, et il a fallu presque 2 mois de relance bi-hebdomadaire pour que ce travail aboutisse. D'une certaine manière, ce problème a permis de mettre en exergue toute la complexité du travail administratif des communes, qui lorsqu'il nécessite l'intervention de différents services, prend du temps ; c'est le problème du travail "en cascade".

Une fois les données traitées et mises dans un format unique, il a fallu les stocker à un endroit unique, afin qu'elles soient accessibles le plus simplement possible. Pour cela, j'ai pu utiliser le SharePoint dédié au service, en créant une nouveau sous-site permettant de stocker l'ensemble des données mises au format unique.

Pour résumer l'ensemble de ce travail, et permettre aux employés de la division de le refaire pour les années à venir, j'ai mis en place une sorte de schéma directeur au format PDF disponible en ANNEXE 2 – se basant notamment sur la mise en place d'un site internet interne au service développé en HTML et regroupant l'ensemble des étapes clés du processus.

### ***5.2.2. Optimisation de la gestion des données des bassins de rétention : méthodes de traitement et perspectives d'amélioration***

De la même manière que concernant les pluviomètres, la métropole brestoise acquiert également des données relatives aux bassins de rétentions. Avant toute chose, il est important de préciser que les bassins de rétention sont dimensionnés en fonction de la pluviométrie. Actuellement, ils sont calibrés via la pluviométrie recensée par le radar météorologique de la station Brest-Guipavas, mais ils pourraient à l'avenir refléter davantage la réalité du terrain en étant dimensionné par rapport à la pluviométrie mesurée par l'appareil de mesure le plus proche (ou par la moyenne des 3 appareils de mesures les plus proches). Pour répondre à cette idée, il a été pensé de pouvoir utiliser un projet ArcMap regroupant la couche relative aux pluviomètres et celle relative aux bassins de rétention. Par la suite, j'ai pensé à écrire un code Python qui me permettait d'obtenir en sortie une couche dont la table attributaire me donnerait, à chaque fois, le pluviomètre le plus proche du bassin de rétention traité. Comme évoqué précédemment, il semble possible d'écrire un code renvoyant les 3 pluviomètres les plus proches, mais il est important d'avouer que je n'ai pas les compétences nécessaires pour répondre à ce souhait.

Concernant les fichiers Excel relatifs aux bassins de rétentions, téléchargeables sur Topkapi à l'instar des données pluviométriques évoquées précédemment, la mise en forme n'a pas été bien compliquée. Il a fallu et suffit de combler les erreurs potentielles commises lors de l'acquisition. Cependant, par la suite, il a été convenu qu'il pourrait être pertinent de confronter ces données à celles de la pluviométrie. Ainsi, pour chaque bassin de rétention, un code VBA a été créé, permettant d'avoir les données pluviométriques au pas de temps 3 min pour chacun des pluviomètres. Ensuite, ont été collées ces données spécifiques au pluviomètre le plus proche à côté de celles des hauteurs d'eau du bassin de rétention traité. A partir de là, un second code en VBA a été réfléchi, permettant d'avoir sur une autre feuille les données statistiques relatives au bassin traité : la médiane des hauteurs d'eau, la moyenne, etc... Ces statistiques ont permis de définir un seuil basé sur la moyenne des hauteurs d'eau des bassins de rétention. Un troisième code a été créé pour identifier lorsque les hauteurs d'eau d'une année sont supérieures à la moyenne de l'année précédente, signalant la nécessité d'une attention particulière. Ces données sont ensuite comparées à la pluviométrie des 72 heures précédentes. Si la hauteur d'eau dépasse le cumul de pluie, cela peut indiquer une mesure incorrecte ou un problème avec le bassin. Les agents doivent vérifier sur le terrain pour confirmer. Le code VBA met en évidence ces anomalies en colorant les cases concernées, facilitant ainsi les actions nécessaires. Cette réflexion a surtout du sens sur les données en direct, mais peut permettre d'acquérir des valeurs statistiques sur les données passées. Il a été proposé d'optimiser le traitement de ces données en utilisant une intelligence artificielle nommée Power Automate, permettant d'effectuer chaque jour le traitement sans intervention humaine, mais Aquacalc nécessitant un mot de passe, aucun accord de la part de la DSIT (Direction des Systèmes d'Information et des Télécommunications) n'a été possible au vu des politiques de confidentialités de la collectivité – mais cette réflexion est le premier pas vers une potentielle automatisation qui sera étudiée par la DSIT elle-même.

### ***5.2.3. Optimisation de la gestion des données d'imperméabilisation : vers une collaboration avec Polytech Tours ?***

Concernant les données relatives à l'imperméabilisation des sols et aux coefficients de ruissellement, il est important de préciser qu'elles sont contenues dans des fichiers de type Word ou PDF. Leur valorisation consiste notamment à les implanter directement sur des fichiers de type ArcMap, à partir desquels elles pourront être utilisées simplement par l'ensemble des employés en ayant besoin à un temps t. Ce travail, somme toute très utile dans la mesure où la connaissance de ces deux coefficients est primordiale pour le calcul du volume des ouvrages d'art hydrauliques tel qu'expliqué en partie 4.2.2., est fastidieux et peu stimulant. Or, contrairement aux autres missions, aucune idée d'optimisation ou d'automatisation des processus n'a émergé en moi.

Après mûre réflexion, une perspective d'amélioration de la qualité, de la rapidité et de l'efficacité du processus à pourtant fait surface : pourquoi ne pas proposer un partenariat entre Polytech Tours et la Métropole Brestoise dans cette mesure ? En effet, après avoir testé "à la main" la mise en place d'une table attributaire regroupant l'ensemble des informations requise sur ArcGis, je me suis rappelée que de nombreux élèves de 3ème année du DAE rencontraient quelques difficultés à bien gérer les fonctionnalités du logiciel de SIG, et se retrouvaient ainsi au rattrapage en la matière – or, il a été mis à ma connaissance également lors de ce stage que la maîtrise des SIG était indispensable au métier d'ingénieur en Environnement et Aménagement. De ce fait, il pourrait être intéressant, aussi bien pour les élèves au rattrapage que pour les agents de la division Eaux Pluviales, de s'associer ; les élèves effectueront chacun le travail de création et remplissage de tables attributaires de plusieurs permis de construire, leur dispensant ainsi une meilleure prise en main du logiciel ; et les agents de Brest Métropole vérifieront succinctement la qualité du travail. Ainsi, les deux parties tirent profit de l'affaire, et tout le monde est gagnant. Le détail de la proposition de partenariat se fera juste en-dessous, en ANNEXE 3.

## 6. RETOUR D'EXPÉRIENCE

### 6.1. Contenu du stage

Dans les faits, ce stage s'est beaucoup attardé, on l'a vu, sur la gestion de données en tout genre (Excel, ArcMAP, lectures de comptes rendus...). Au final, en discutant avec mes collègues, force a été de constater que ce sujet des données est au coeur des préoccupations actuelles, tant les serveurs tendent à être saturés et donc tant il est nécessaire de faire de l'espace ; mais également car, sans les données brutes, n'importe quel travail restera simplement théorique, et non pratique. De ce fait, bien que le travail de gestion des données semble fastidieux à première vue, il semble primordial de savoir l'effectuer comme il se doit pour, ensuite, arriver à d'autres missions. Ce stage m'a donc permis de m'exercer dans cette tâche, en me poussant à bien assimiler le travail informatique sous-jacent (notamment avec les logiciels de traitement de données et langages informatiques conjoints à l'instar de VBA), mais surtout de comprendre qu'il est essentiel d'organiser ses pensées avant de passer à l'action. Il est crucial de définir clairement les raisons et les objectifs d'une mission, le public visé, les méthodes à utiliser, et le temps à consacrer au projet. Négliger cette étape de définition rend difficile l'atteinte d'un objectif final, car ce dernier n'a pas été clairement établi au préalable.

### 6.2. Métier d'ingénieur

Par ailleurs, ce stage m'a permis de voir le quotidien de plusieurs ingénieurs spécialisés dans des domaines différents de l'écologie urbaine (eaux pluviales évidemment, mais aussi milieux naturelles, énergie... ) et le constat est alors sans équivoque : le métier d'ingénieur demande plusieurs compétences complètement nécessaires à sa pratique, à savoir :

- **L'organisation** : l'ingénieur est confronté à différentes missions, techniques, logistiques, administratives ou même politiques, qu'il doit mener en parallèle. Pour cela, il doit être correctement organisé, pour éviter qu'un retard sur une mission entraîne un second retard sur une autre et ainsi de suite... Pour éviter ce genre de problème, mon maître de stage m'a parlé d'une méthode, nommée méthode d'Eisenhower, qui permet de prioriser les tâches à effectuer en fonction de deux leviers ; leur importance et leur urgence (*figure 23*). L'utilisation de cette matrice par l'ingénieur lui permet de fait de ne pas avoir l'esprit trop encombré et donc d'éviter la surcharge mentale emmenant parfois (voire souvent) au burn-out.
- **L'adaptabilité** : allant de paire avec la compétence précédente, ce stage m'a permis de me rendre compte que l'adaptabilité était une qualité plus qu'essentielle à la pratique du métier d'ingénieur. En effet, surtout dans le domaine public, la régence de certaines missions dépend de plusieurs corps de métiers travaillant en parallèle, et donc des problèmes soulevés par un employé peuvent de fait affecter la chaîne de travail de dizaine d'autres,



Figure 23 : Matrice d'Eisenhower  
— © Asana

amenant ainsi l'ingénieur à remettre en perspectives ses délais ou sa commande toute entière.

- **La force de proposition** : l'ingénieur doit donc, en réponse à la problématique soulevée précédemment, être force de proposition et savoir suggérer de nouvelles options permettant de mener à bien son projet initial. A titre d'exemple, la direction Ecologie Urbaine pourrait être amené à travailler avec le service Voirie ainsi qu'avec le service de transports publics, Bibus, de la métropole, dans le développement de capteurs implantés sur les bus permettant de diffuser à pas de temps régulier des informations sur la température au sol ainsi que sur la pluviométrie des zones fréquentées par lesdits bus, permettant ainsi de combiner deux appareils de mesures et donc de limiter les coûts de traitement et de fonctionnement du processus. Dans cet exemple, les ingénieurs des différents services ont donc mis en commun leur idée pour améliorer le fonctionnement des choses.
- **La clarté du propos** : enfin, dans ce stage, et en partie grâce à l'exemple précédemment décrit, il m'a été démontré que l'ingénieur devait être clair dans son propos, afin que les personnes avec qui il travaille sachent quelles sont précisément leurs missions et/ou comprennent quels sont les enjeux des problématiques soulevées par l'ingénieur en question. En outre, dans le domaine de la sensibilisation du public, primordiale pour le service Eaux Pluviales, il est également important de vulgariser au maximum la parole portée afin qu'objectifs et réponses potentielles soient bien compris par le tout un chacun.

### 6.3. Domaine public

D'autre part, ce stage m'a permis d'approfondir ma compréhension du fonctionnement des collectivités et du secteur public dans un sens plus large. Dans le domaine de l'Environnement, les nouveaux ingénieurs sont souvent confrontés à un choix difficile entre le secteur public et le secteur privé. Les deux ont leurs avantages et inconvénients : tandis que le secteur public impacte principalement le domaine social et environnemental, le secteur privé, bien que souvent perçu comme moins éthique, offre généralement de meilleures rémunérations. Au cours de ce stage, j'ai appris de mes collègues que les salaires dans le secteur public ne reflètent pas toujours le travail accompli et qu'il n'est pas toujours facile de mesurer l'impact positif de ses actions sur l'environnement. En conséquence, pour avoir une comparaison plus complète, je prévois de réaliser mon stage de 5ème année dans le secteur privé, si possible.

### 6.4. Perspectives d'avenir

De ce fait, ce stage m'a permis de mieux définir mes objectifs pour le prochain. J'aimerais qu'il se concentre toujours sur les systèmes hydrauliques, mais cette fois en milieu marin. Je souhaiterais également que ce stage inclut une dimension de prévention et de sensibilisation du public aux risques associés aux environnements marins. De plus, j'aimerais avoir l'opportunité de collaborer avec des services situés dans d'autres pays afin de pratiquer des langues étrangères. J'ai déjà identifié quelques opportunités, telles que Bureau Veritas, SUEZ, Naval Group et Total Energies dans le secteur privé, ainsi que l'UNESCO et le SHOM dans le secteur public, si ces derniers venaient à m'offrir des opportunités qui ne se refusent pas.

## 7. CONCLUSION

Ce stage à Brest Métropole a été, pour moi, une expérience vraiment enrichissante, dans la mesure où il m'a permis de mettre un pied dans le monde de l'entreprise, dans le domaine de l'aménagement et de l'environnement, ce qui n'avait pour ma part jamais été fait auparavant.

De fait, grâce à ce stage, j'ai eu la chance de pouvoir développer certaines compétences clés pour la suite de mon parcours ; des compétences professionnelles, techniques d'abord, à l'instar de maîtrise d'outils informatiques tels qu'indiqué dans ce rapport (Excel, ArcGis, langage VBA, langage HTML... ) ; et gestion de projet ensuite, en ayant pu développer la capacité se coordonner avec ses collègues et à savoir prendre des décisions lorsque c'était nécessaire ; et des compétences dites interpersonnelles également, comme la collaboration au sein des équipes, ainsi que la gestion du temps – qui est d'ailleurs une compétence toujours en développement pour ma part.

Par ailleurs, notons que l'encadrement fourni par Nicolas FLOCH a été particulièrement précieux dans ce stage, car il a facilité mon intégration et ma compréhension des différents aspects du poste, et m'a permis de découvrir le métier d'ingénieur dans sa globalité, avec ses avantages et ses inconvénients, tel que détaillé précédemment.

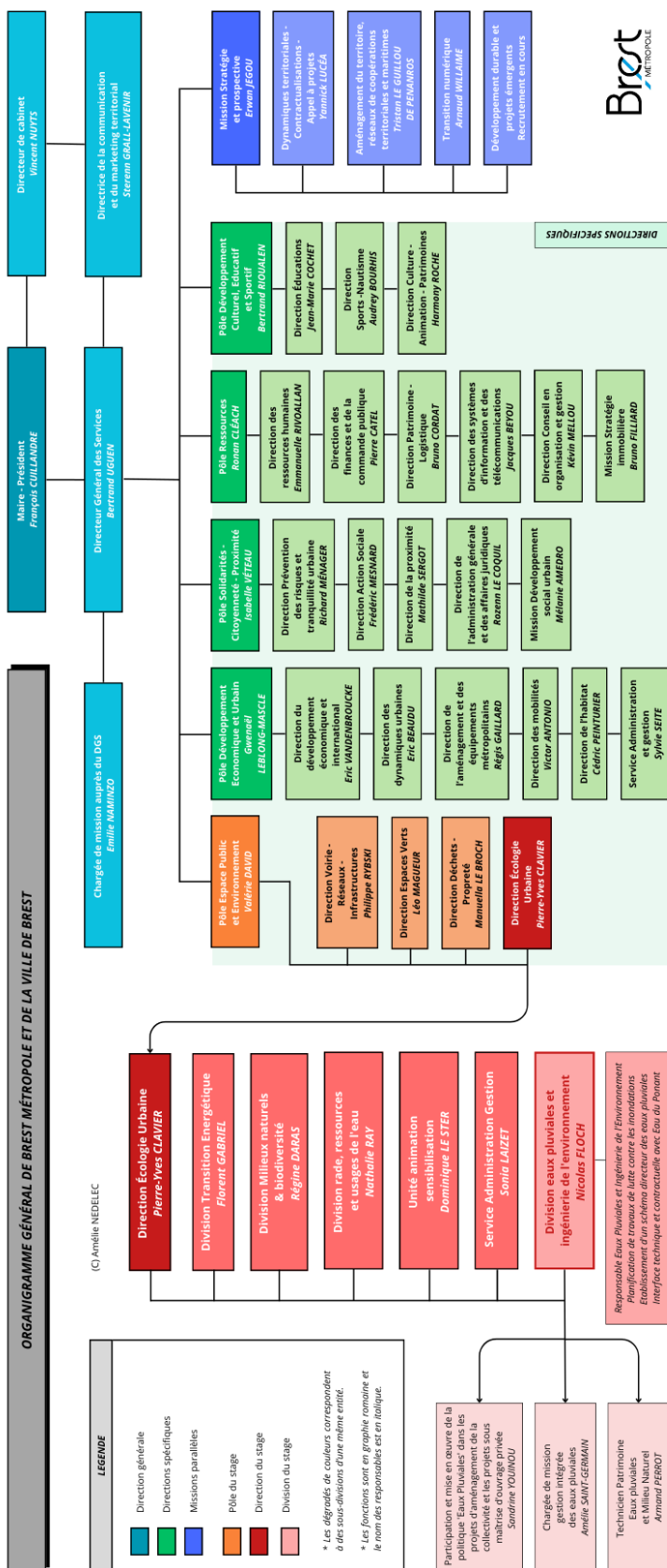
Les défis rencontrés, tels que la gestion de problèmes techniques, ont en outre été surmontés grâce au développement de dernières compétences, nécessaires lorsque l'on travaille pour un organisme public tel qu'une collectivité : la patience et la tolérance – car tout employé doit réaliser plusieurs missions, ce qui justifie que nous ne soyons pas toujours sa priorité, et qu'il faille donc attendre avant de pouvoir avancer dans certaines tâches.

Cette expérience a donc non seulement enrichi mes compétences professionnelles, mais a également confirmé mon intérêt pour le domaine de l'environnement, notamment hydraulique. Elle m'a offert une perspective précieuse sur le fonctionnement des ouvrages relatifs aux eaux pluviales, et a renforcé ma détermination à poursuivre une carrière dans un domaine correspondant à la gestion de l'eau, à la précision faite que désormais je souhaiterais davantage m'orienter vers l'administration des aménagements concernant les eaux marines et non eaux douces.

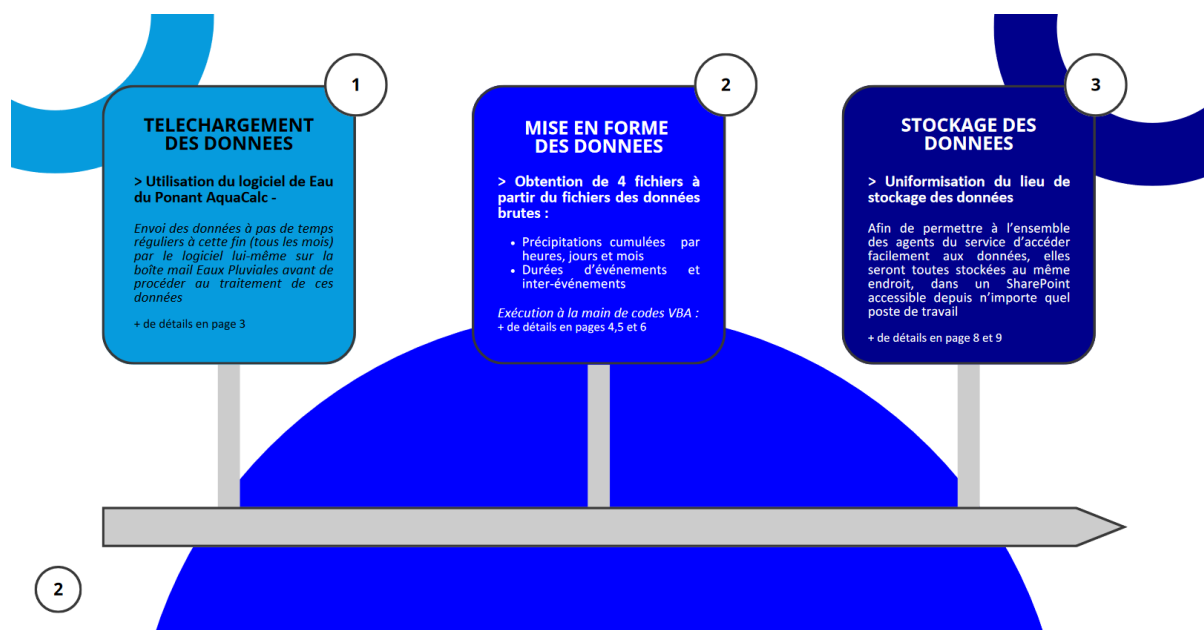
Pour conclure, je souhaite remercier chaleureusement toute l'équipe de la direction Ecologie Urbaine pour leur accueil et leur soutien. Je suis convaincu que les connaissances acquises et les relations établies au cours de ce stage seront un atout précieux dans mon parcours professionnel futur.

## ANNEXES

### ANNEXE 1 : Organigramme Brest Métropole



## ANNEXE 2 : Schéma directeur de la Gestion des Données Pluviométriques



1

## TELECHARGEMENT DES DONNEES

> Utilisation du logiciel de Eau  
du Ponant AquaCalc -

*Envoi des données à pas de  
temps réguliers à cette fin  
(tous les mois) par le logiciel  
lui-même sur la boîte mail Eaux  
Pluviales avant de procéder au  
traitement de ces données*

Les données sont utilisées à à plusieurs fins :  
**reconnaissance d'un état de catastrophe  
naturelle, mise en place d'ouvrages  
hydrauliques, conclusions sur l'état  
d'avancement du dérèglement climatique ...**

Dans tous les cas, ces données sont donc  
exploitées à postériori, et n'ont donc pas  
besoin d'être téléchargées à un pas de temps  
trop serré - étant donné que les données sont  
envoyées par mail par AquaCalc, **les envoyer  
tous les mois** et non tous les jours par  
exemple permet de fait d'éviter la surcharge  
des boîtes mail et donc permet d'éviter le  
renforcement de la surchauffe des datas  
center ayant un effet tangible sur le  
dérèglement climatique.

3

2

## MISE EN FORME DES DONNEES

> Obtention de 4 fichiers à  
partir du fichiers des données  
brutes :

*Exécution à la main de codes  
VBA\* relatifs à chaque fichier*

\*Le langage VBA permettant de  
formater des bases de données en  
comprenant un grand nombre,  
rapidement

Les données, une fois obtenue via AquaCalc,  
sont formatées afin qu'elles puissent délivrer  
des informations pertinentes dans le cadre de  
leur traitement précédemment détaillé.

Dans cette optique, **5 fichiers sont obtenus :**

- 3 fichiers relatifs aux précipitations  
cumulées : un fichier heure, un fichier jour  
et un fichier mois ; et un fichier avec les  
données telles quelles
- 1 fichier relatif aux durées des événements  
pluvieux et aux durées inter-événements,  
permettant notamment de calibrer la taille  
des ouvrages hydrauliques par la suite.

*En cette mesure, des **codes VBA** sont utilisés et  
seront détaillés ci-après pour plus de clarté.*

4

## CODE VBA PRECIPITATIONS CUMULEES

```
Sub GarderDerniereLigneParJourToutesFeuilles()
Dim ws As Worksheet
Dim lastRow As Long
Dim i As Long
Dim jourCourant As String
Dim cell As Range

' Boucle à travers toutes les feuilles du classeur
For Each ws In ThisWorkbook.Worksheets
    ' Réinitialiser les couleurs de fond des cellules
    ws.Cells.Interior.ColorIndex = xlNone
    MsgBox "Réinitialisation des couleurs de fond terminée pour la feuille : " & ws.Name

    ' Trouver la dernière ligne utilisée de la colonne A
    lastRow = ws.Cells(ws.Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
    Debug Print "Dernière ligne trouvée pour la feuille " & ws.Name & " : " & lastRow

    ' Initialiser le jour courant comme une chaîne vide
    jourCourant = ""

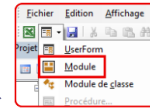
```

EXEMPLE

2

[https://espol001.brest-metropole.fr/sites/wws00339/Donnes%20pluviometriques/CODES%20VBA%20-%20Donn%C3%A9es%20pluviom%C3%A9triques%20cumulatives%20sur%20diff%C3%A9rents%20intervalles%20de%20temps%20\(heures%20jours%20semaines%20mois\).pdf?d=w32537b10a3754721a2e6e411c10d6659](https://espol001.brest-metropole.fr/sites/wws00339/Donnes%20pluviometriques/CODES%20VBA%20-%20Donn%C3%A9es%20pluviom%C3%A9triques%20cumulatives%20sur%20diff%C3%A9rents%20intervalles%20de%20temps%20(heures%20jours%20semaines%20mois).pdf?d=w32537b10a3754721a2e6e411c10d6659)

CLIQUEZ ICI



LES CODES DOIVENT ETRE COPIES DANS LE MODULE VBA (ACCESSIBLE EN FAISANT ALT+F11 depuis le fichier Excel choisi, puis "Module") PUIS EXECUTES TEL QU'INDIQUE !

5

## CODE VBA DUREES PRECIPITATIONS

```
Sub ColorerEpisodesPluies(ws As Worksheet)
Dim lastRow As Long
Dim x As Long
Dim interval As Double
Dim currentDateTime As Date
Dim nextDateTime As Date
Dim episodeInProgress As Boolean
Dim diffMinutes As Long
Dim startRow As Long

lastRow = ws.Cells(ws.Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
interval = 3 ' Remplacer par ws.Range("E1").Value si nécessaire
episodeInProgress = False

For x = lastRow To 2 Step -1
    currentDateTime = ws.Cells(x, 1).Value + ws.Cells(x, 2).Value
    If x > 2 Then
        nextDateTime = ws.Cells(x - 1, 1).Value + ws.Cells(x - 1, 2).Value
        diffMinutes = DateDiff("n", nextDateTime, currentDateTime)
    End If

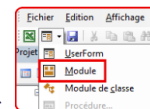
```

EXEMPLE

2

<https://espol001.brest-metropole.fr/sites/wws00339/Donnes%20pluviometriques/CODES%20VBA%20-%20Donn%C3%A9es%20pluviom%C3%A9triques%20relatives%20aux%20dur%C3%A9es%20des%20%C3%A9v%C3%A9nements%20et%20inter-%C3%A9v%C3%A9nements.pdf?d=w28fb1f6f844648588239d083869b1c36>

CLIQUEZ ICI



LES CODES DOIVENT ETRE COPIES DANS LE MODULE VBA (ACCESSIBLE EN FAISANT ALT+F11 depuis le fichier Excel choisi, puis "Module") PUIS EXECUTES TEL QU'INDIQUE !

6

## SITE INTERNET



<https://espcol001.brest-metropole.fr/sites/wss00339/Donnees%20pluviometriques/FORMATAGE%20DES%20DONNEES.html>

CLIQUEZ ICI

2

7

## STOCKAGE DES DONNEES

### > Uniformisation du lieu de stockage des données

Afin de permettre à l'ensemble des agents du service d'accéder facilement aux données, elles seront toutes stockées au même endroit, dans un SharePoint accessible depuis n'importe quel poste de travail

Les données, une fois formatées, seront toutes stockées à un unique endroit, et ce pour deux raisons :

- Limiter la surcharge des serveurs, drive et volumes réseaux
- Permettre un accès simplifié à tous via un lieu de stockage logique, à savoir le **SharePoint de la division Eaux Pluviales, dans l'onglet nommé "Données Pluviométriques"**

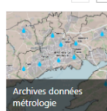
*Les personnes modifiant ou ajoutant des données pluviométriques à la base **DEVRONT** donc le faire à cet endroit précisément pour ne pas perdre le fil directeur du schéma.*

3

8

## ESPACE DE STOCKAGE DES DONNEES

### Documentation



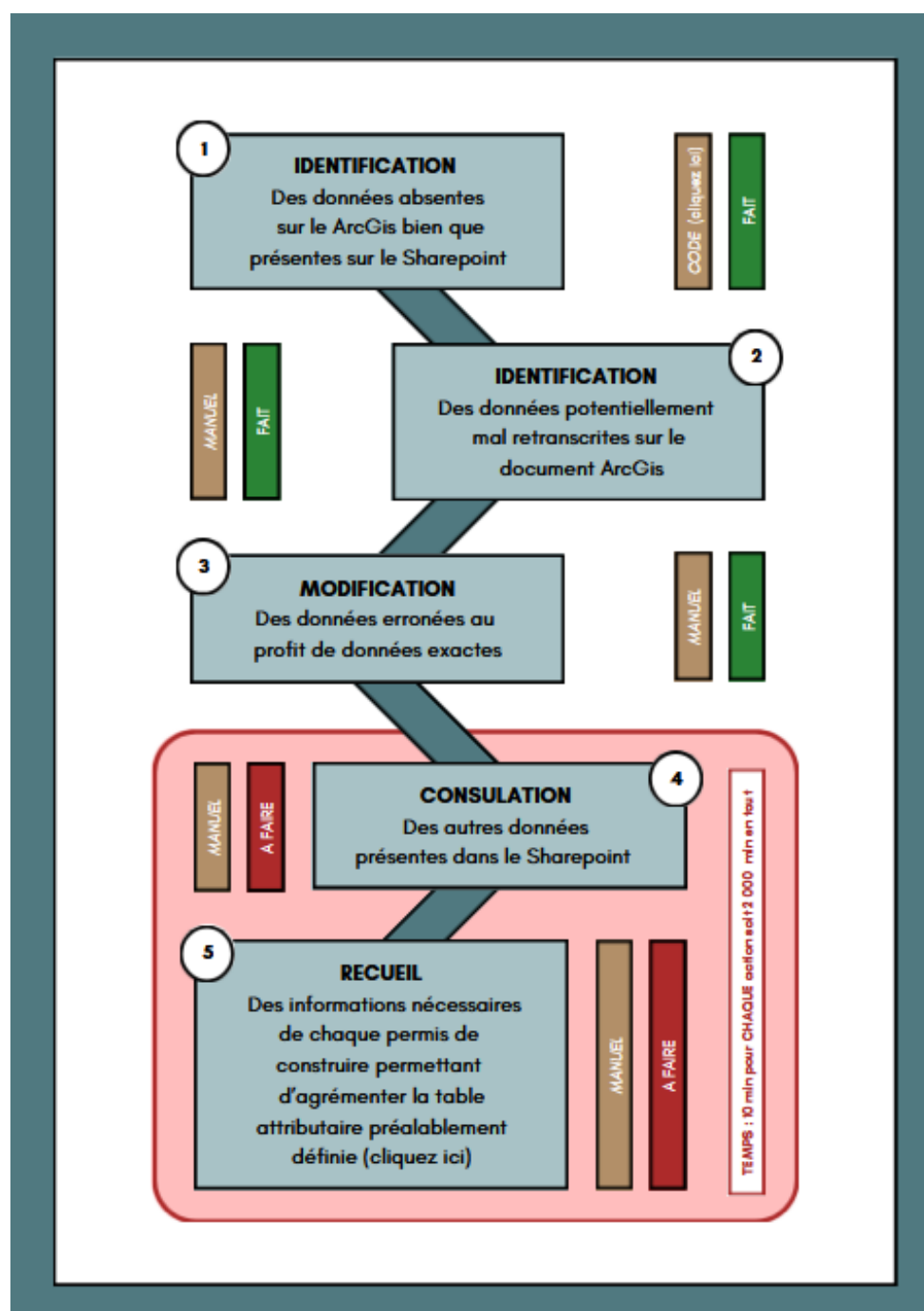
3

[https://espcol001.brest-metropole.fr/sites/wss00339/\\_layouts/15/start.aspx#/Donnes%20pluviometriques/Forms/AllItems.aspx?InitialTabId=Ribbon%2ERead&VisibilityContext=WSSTabPersistence](https://espcol001.brest-metropole.fr/sites/wss00339/_layouts/15/start.aspx#/Donnes%20pluviometriques/Forms/AllItems.aspx?InitialTabId=Ribbon%2ERead&VisibilityContext=WSSTabPersistence)

CLIQUEZ ICI 

9

### ANNEXE 3 : La proposition de Partenariat – Polytech Tours - Brest Métropole



## BIBLIOGRAPHIE

- Action 21 - Chapitre 8. (s. d.).  
<https://www.un.org/french/ga/special/sids/agenda21/action8.htm>
- Article L2224-10 - Code général des collectivités territoriales - Légifrance. (s. d.).  
[https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000022483286](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000022483286)
- Bassin de retenue (HU) - Wikhydro. (s. d.).  
[http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Bassin\\_de\\_retenue\\_\(HU\)](http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Bassin_de_retenue_(HU))
- Brest Métropole. (s. d.). L'essentiel sur Les eaux pluviales. Consulté le 29 juillet 2024, à l'adresse [https://brest.fr/sites/default/files/media/document/4-Eaux\\_pluviales.pdf](https://brest.fr/sites/default/files/media/document/4-Eaux_pluviales.pdf)
- Brest Métropole. (2016). Règlement du Service Public des Eaux Pluviales. Consulté le 26 juillet 2024, à l'adresse <https://espol001.brest-metropole.fr/sites/wss00339/Documentation%20pdagogique/R%C3%A8glement%20du%20Service%20Public%20des%20Eaux%20Pluviales.pdf>
- Cerema. (2022). LA DÉSIMPERMÉABILISATION des sols : du principe à la mise en œuvre. Dans CEREMA. Consulté le 22 juillet 2024, à l'adresse [https://www.cerema.fr/system/files/documents/2022/11/2022\\_plaquette\\_desimpermeabilisation.pdf](https://www.cerema.fr/system/files/documents/2022/11/2022_plaquette_desimpermeabilisation.pdf)
- Développement durable : définition et objectifs. (s. d.).  
<https://www.environnement.gouv.qc.ca/developpement/definition.htm#:~:text=%C3%80%20propos%20du%20d%C3%A9veloppement%20durable&text=C%27est%20de%20ce%20rapport,futures%20de%20r%C3%A9pondre%20aux%20leurs.%20%C2%BB>
- Direction de l'Ecologie Urbaine. (s. d.). Réglementation Eaux Pluviales.
- Fiches Techniques Eaux Pluviales. (s. d.). Consulté le 18 août 2024, à l'adresse [https://brest.fr/sites/default/files/media/document/eaux\\_pluviales\\_fiches\\_techniques\\_2018.pdf](https://brest.fr/sites/default/files/media/document/eaux_pluviales_fiches_techniques_2018.pdf)
- Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (GEMAPI) | Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. (s. d.). Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires.  
<https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/gestion-milieux-aquatiques-prevention-inondations-gemapi>
- Larousse, É. (s. d.). Définitions : ruissellement - Dictionnaire de français Larousse.  
<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/ruissellement/70245>
- Les précipitations | Eaufrance. (s. d.). Eaufrance. <https://www.eaufrance.fr/les-precipitations>

Les volumes de précipitations | Eaufrance. (s. d.). Eaufrance.  
<https://www.eaufrance.fr/les-volumes-de-precipitations>

Limiter l'imperméabilisation des sols. (s. d.). Consulté le 29 juillet 2024, à l'adresse  
[https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/sites/artificialisation/files/inline-files/GuideSF\\_9\\_impermeabilisation\\_web.pdf](https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/sites/artificialisation/files/inline-files/GuideSF_9_impermeabilisation_web.pdf)

LOI n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets - Légifrance. (s. d.).  
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043956924>

Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques (1). - Légifrance. (s. d.). <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000649171>

*Masse d'eau* | data.eaufrance.fr. (s. d.). <https://data.eaufrance.fr/concept/masse-deau>

Mayer, N. (s. d.). Pluviomètre : qu'est-ce que c'est ? Futura.  
<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/meteorologie-pluviometre-16179/>

Veolia en bref. (s. d.). Veolia. <https://www.veolia.com/fr/groupe/veolia-en-bref>

## RÉSUMÉ

Durant mon stage de 12 semaines à Brest Métropole, dans le pôle Ecologie Urbaine, et plus précisément dans la division Eaux Pluviales, j'ai eu l'opportunité d'assister à diverses missions effectuées par les employés du service, et à les accompagner dans certaines d'entre elles, telles que la gestion et valorisation des données pluviométriques, des données relatives aux ouvrages hydrauliques d'infiltration, ou de celles relatives à la perméabilité avant/après construction notamment.

Ce stage m'a de fait permis de développer des compétences importantes en dans la maîtrise d'outils informatiques tels qu'Excel, ArcGis, le langage VBA, ou le langage HTML, ainsi que dans la compréhension – et donc dans la confirmation technique de compétences théoriques acquises dans la formation DAE – du fonctionnement des ouvrages hydrauliques dans leur ensemble. Ce stage m'a également permis d'améliorer ma capacité à m'organiser et à communiquer sur l'état d'avancement de mes missions, auprès de mes collègues ou d'un public plus large. Les connaissances acquises et les défis relevés ont ainsi grandement contribué à mon développement professionnel et ont confirmé mon intérêt pour le secteur de l'environnement, et plus particulièrement du domaine hydraulique.

En conclusion, cette expérience a été très enrichissante ; a confirmé mon attrait pour la formation en Génie de l'Aménagement et de l'Environnement ; et a renforcé mon désir de poursuivre une carrière dans la gestion des eaux, à la précision faite que je souhaite désormais que ces eaux soient marines et non uniquement pluviales.

## ABSTRACT

During my 12-week internship at Brest Métropole, specifically within the Urban Ecology division and more precisely in the Stormwater division, I had the opportunity to assist with various tasks performed by the department's staff and to participate in several key activities. These included managing and analyzing rainfall data, evaluating data related to hydraulic infiltration structures, and assessing permeability before and after construction.

This internship allowed me to develop crucial skills in IT tools such as Excel, ArcGIS, VBA, and HTML. Additionally, it provided a practical understanding of hydraulic structures, reinforcing the theoretical knowledge I gained from my DAE formation. I also improved my organizational and communication skills, effectively reporting on the progress of my assignments to both colleagues and a broader audience. The knowledge I gained and the challenges I faced have significantly contributed to my professional development, reaffirming my interest in the environmental sector, particularly in hydraulics.

To put it in a nutshell, this experience has been highly enriching. It has affirmed my enthusiasm for pursuing a career in Environmental Engineering and has deepened my desire to specialize in water management, with a new focus on marine environments rather than only rainwater.