

Projet de Fin d'Etudes (PFE) 2019

Utilisation de la trame verte et bleue pour la gestion et la prévention des inondations au Royaume-Uni

Florian MIROLO (sous la direction de)

Vincent Rotgé

Utilisation de la trame verte et bleue pour la gestion et la prévention des inondations au Royaume-Uni

**Directeur de recherche
Vincent Rotgé**

2018 - 2019

**Auteur
Florian MIROLO**

Avertissement

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en Génie de l'Aménagement et de l'Environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation(SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

Remerciements

Cette partie me donne l'occasion de remercier l'ensemble des personnes m'ayant aidée lors de ce semestre de recherche à réaliser mon Projet de Fin d'Etudes.

En premier lieu je tiens à remercier Mr Vincent ROTGE, mon directeur de recherche pour son suivi et ses conseils et ses discussions nécessaires à la réalisation et à la rédaction du présent rapport.

Je tiens également à remercier l'ensemble du personnel de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours ainsi que l'ensemble de son équipe pédagogique pour leur travail fourni pour l'acquisition du savoir faire et du savoir être obligatoire lors des 3 dernières années et obligatoires pour la réussite de ce projet.

Enfin, je remercie l'ensemble de ma famille et mes amis pour le soutien régulier, la patience, les discussions et le partage de points de vue différents dont ils ont fait part.

Table des matières

1.	Le risque inondation au Royaume Uni	2
1.1.	Concepts clés et définitions.....	2
1.2.	Le risque inondation au Royaume Uni	3
1.2.1.	La nature du risque inondation.....	3
1.2.2.	Etude des crues de l'hiver 2013/2014	4
1.3.	Le Réchauffement climatique, quelles conséquences ?.....	7
1.3.1.	Le réchauffement climatique.....	7
1.3.2.	Les conséquences	7
1.4.	Démographie du Royaume - Uni	10
2.	Utilisation de la trame verte et bleue au Royaume – Uni	12
2.1.	La trame verte et bleue	12
2.1.1.	Définition	12
2.1.2.	Utilité	13
2.1.3.	Contexte réglementaire	13
2.2.	Les techniques actuelles.....	15
2.2.1.	Kilingworth et Longbenton	15
2.2.2.	Cas de Derby	18
2.3.	Exemples d'infrastructures vertes et bleues	25
3.	La mise en place de la TVB	29
3.1.	Les acteurs	29
3.1.1.	Angleterre et Pays de Galle.....	29
3.1.2.	Cas de la ville de Derby	31
3.1.3.	Cas de l'Irlande du Nord et de l'Ecosse.....	31
3.2.	L'appropriation foncière.....	32
3.3.	La vision des décideurs.....	33
3.3.1.	Les bénéfices.....	33
3.3.2.	Les barrières.....	34

Table des abréviations

EA: Environmental Agency

COP: Conference of parties

DCE: Directive Cadre sur l'Eau

Defra: Department for Environment, Food and Rural Affairs

IDB: Internal Drainage Boards

LLFA: Lead Local Flood Authorities

ONS: Office National des Statistiques

RMA: River Assessment Management Authorities

SEPA: Scotland Environment Protection Agency

TVB: Trame Verte et Bleue

Introduction

Chaque année depuis 1995 se tient une conférence mondiale sur les changements climatiques. Celle de 1992 a donné lieu à un plan mondial de stabilisation et de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Malheureusement, ces objectifs n'ont pas été remplis et n'ont pas suffi pour stopper le réchauffement mondial. La 21^e COP signée à Paris a donné lieu à un accord pour limiter l'augmentation des températures de 2°C à l'échelle du globe et à la création d'un mécanisme de solidarité mondiale. Le plan est que les pays les plus riches aident les pays les plus pauvres à s'adapter. Cependant, aujourd'hui quasiment aucun pays ne respecte ses engagements pris lors de la conférence de Paris et les Etats-Unis de Donald Trump ont fait le choix de quitter l'accord tandis que le Brésil, autre grand émetteur de gaz à effet de serre étudie cette possibilité. Pour toutes ces raisons les températures pourraient grimper de 3 à 4°C supplémentaires d'ici la fin du siècle. Ceci se traduira par une augmentation des phénomènes extrêmes avec des sécheresses et des précipitations extrêmes plus intenses sur toute la planète, des canicules plus fortes et plus longues ... Tous les pays du monde devront faire face aux nouveaux défis provoqués par l'incertitude climatique pour pouvoir s'adapter. Le Royaume-Uni sera également concerné par cette incertitude avec une modification du régime hydrique dans le pays. Ce rapport répondra à la prise en compte des changements climatiques dans les documents d'urbanismes du pays.

La troisième édition de la Conférence européenne pour l'adaptation au changement climatique s'est déroulée entre le 5 et le 9 juin 2017 en Ecosse dans la ville de Glasgow. Cet événement s'est articulé autour de trois projets soutenus par l'Union européenne. Le premier visant à étudier les impacts et les extrêmes climatiques maximaux, le deuxième concernait les stratégies pour des solutions innovantes pour limiter les impacts et les risques climatiques. La dernière thématique de ce colloque était consacrée à l'étude des réponses au changement climatique en zone côtière. Une réponse peut être l'utilisation de la trame verte et bleue qui a un rôle multi fonction. Ainsi, Comment la trame verte et bleue est-elle utilisée pour la prévention et la gestion des inondations au Royaume-Uni ? Une fois cette problématique résolue, on s'interrogera sur la mise en œuvre dans le pays.

Pour répondre à ses problématiques, le rapport sera constitué de 3 parties. La première étudiera le risque inondation dans le pays grâce à l'étude des différents types de phénomènes pouvant toucher le Royaume et l'hiver extrême de 2013/2014 sera présenté. Ensuite, les effets du changement climatique sur précipitations et les inondations seront détaillés tout comme l'évolution de la démographie du pays d'ici à la fin du siècle. Cette partie améliorera la compréhension des enjeux du siècle pour pouvoir répondre à ces changements. La deuxième partie présentera le terme de trame verte et bleue en expliquant les avantages liés à cette technique puis s'appuiera sur 2 études de cas pour montrer comment elle peut être mise en œuvre dans un espace péri-urbain et dans une zone à forte densité en population. Il suivra ensuite des exemples d'installations pouvant être utilisées. La dernière et troisième partie de ce rapport se consacrera à expliquer le rôle des différents acteurs ayant un lien avec l'aménagement du territoire dans le pays puis comment peuvent être récupérer des terrains où placer ces infrastructures. Enfin, la vision des décideurs par rapport à la trame verte et bleue sera étudiée pour comprendre leur vision du sujet, avec ses avantages et ses barrières.

1. Le risque inondation au Royaume Uni

1.1. Concepts clés et définitions

Afin de pouvoir caractériser l'aléa inondation au Royaume Uni, il faut définir les différents termes qui lui sont associés. Les définitions suivantes sont celles présentées dans le « *Flood and Water Management Act 2010* » qui est un texte s'appliquant uniquement sur les territoires anglais et gallois.

Inondation « flood » : Le terme inondation inclus tous les cas où des terres normalement exondées sont inondées, peu importe si une inondation est causée par de fortes précipitations, une rivière débordante, un barrage débordant ou percé, des eaux de remontées souterraines, ou autre chose (y compris une combinaison de plusieurs facteurs). Ce terme ne concerne cependant pas les inondations provoquées par un débordement total ou partiel du système d'assainissement sauf si celle-ci est causée par une augmentation du volume d'eau de pluie ni une inondation provoquée par la rupture d'une conduite d'eau.

Erosion côtière « Coastal erosion » : Ce terme concerne l'érosion des côtes en Angleterre et au Pays de Galles.

Risque « risk » : Il définit à des fins scientifiques et d'assurance, une combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences potentielles. Dans chaque cas, les conséquences néfastes potentielles à prendre en compte dans leurs évaluations comprennent notamment les conséquences sur la santé humaine, le bien être social et économique des individus et des communautés, des infrastructures et sur l'environnement.

Gestion du risque « risk management » : Défini tout ce qui est mis en œuvre dans le but d'analyser, d'évaluer, de réduire un risque, de réduire une composante dans l'évaluation d'un risque, de modifier l'équilibre des facteurs combinés dans son évaluation ou prendre des mesures en ce qui concerne un risque ou un facteur.

Ceci inclus également les actions qui augmentent la probabilité d'un événement tout en réduisant ses conséquences potentielles ou déplaçant le risque dans un autre lieu afin de réduire le risque dans une zone à fort enjeu.

Pour une meilleure compréhension du sujet, il faut également maîtriser le concept suivant :

Inondation centennale : Inondation ayant une probabilité de 1% de se produire une année donnée. C'est un synonyme de temps de retour de 100 ans ou probabilité de 1% d'un phénomène. Une inondation trentennale sera une inondation avec un temps de retour de 30 ans.

1.2. Le risque inondation au Royaume Uni

1.2.1. La nature du risque inondation

En premier lieu il convient de définir les différents types d'inondation auquel le territoire du Royaume Uni peut être soumis.

- **Inondation fluviale** « *flooding* » : Inondation d'un cours d'eau lorsque l'eau du fleuve ou du canal de drainage se déverse dans la plaine inondable

- **Inondation côtière** « *coastal flooding* » : Inondation se produisant lorsque par l'action des vagues ou par la combinaison des vagues et de la marée, l'eau déborde et dépasse les limites du rivage

- **Inondation par ruissellement** « *surface water* » : Inondation provoquée par une chute de pluie lorsque l'eau de pluie ruisselle et n'atteint pas un cours d'eau ou un canal de drainage établi

- **Inondation par remontée de nappes** « *groundwater* » : Inondation provenant du sol causée par des niveaux d'eau élevés dans les aquifères

En Angleterre, l'Agence de l'Environnement a un programme d'étude en cours visant à améliorer la compréhension des risques inondations. Ce travail examine les risques des différents types d'inondations (fluviales, côtières, de ruissellements et de remontées de nappe) et leurs probabilités. L'objectif de cette étude est d'informer les organisations chargées de la gestion de ce risque, le grand public et les preneurs de décisions. Cette étude a été conduite par la NaFRA « *National Flood Risk Assessment* ». Le résultat obtenu est une carte nationale des risques basée sur 85 bassins versants et les zones côtières. Pour cette modélisation, une cellule est équivalente à 50m². Cette carte permet de comparer les risques relatifs ainsi que leurs répartitions pour chaque bassin versant et est basé sur la probabilité que toutes les mesures de défenses soient dépassées ou hors service.

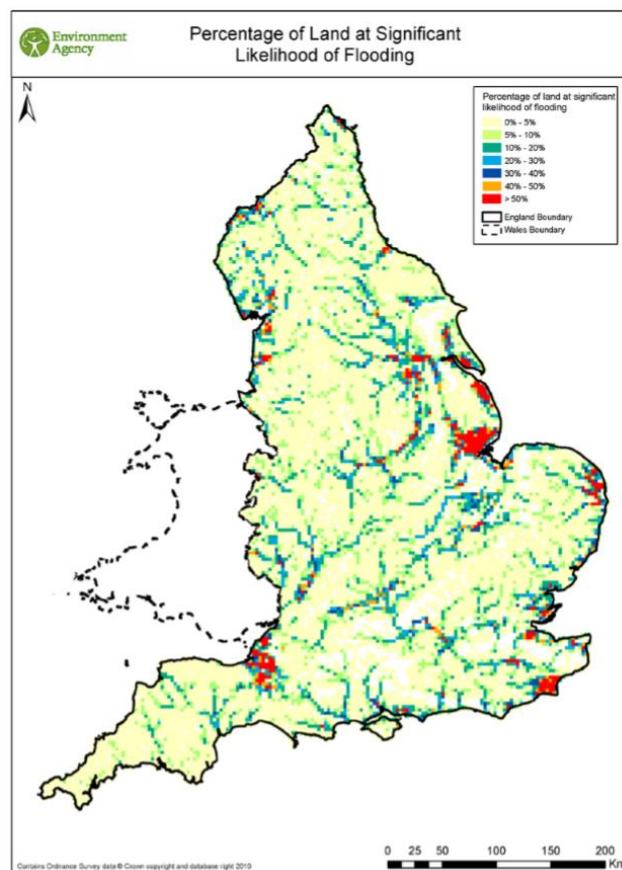


Figure 1 Carte représentant la probabilité d'une inondation en Angleterre, Source : *Environment Agency*

Les probabilités d'inondations sont ensuite utilisées par les assurances du Royaume Uni et sont classifiées de la manière suivante :

- Risque faible si la probabilité d'une inondation est de 0,5% ou moins
- Risque modéré si la probabilité d'une inondation est comprise entre 0,5% et 1,3%
- Risque significatif si la probabilité d'une inondation est supérieure à 1,3%

De plus, dans le cadre de cette étude, les chercheurs ont déterminé le coût des investissements à long terme afin de faire face au changement climatique et à ses conséquences. Ils sont arrivés à la conclusion que d'ici à 2035, il faudra investir environ 1 milliards de livres sterling par an (valeur ne prenant pas en compte l'inflation future) pour maintenir le niveau de protection actuelle.

1.2.2. Etude des crues de l'hiver 2013/2014

L'inondation au Royaume-Uni est le risque naturel le plus important, en effet, pas moins de 5 millions de bâtiments (soit 1/6^e du nombre total du pays) sont situés en zone inondable. De plus, d'importantes infrastructures comme des centrales électriques, des routes, des voies de chemin de fer ... sont soumises à ce risque d'après la « *Contains Environment Agency information, 2009* ». Ainsi, chaque année, les inondations coûtent en moyenne entre £500 million et £1 milliard au pays (Penning-Rowse 2014b). La plus importante des années 2000, celle de 2007 a fait perdre à l'économie britannique environ £3.2 milliards.

L'hiver 2013 – 2014 a été marqué par une importante série de tempêtes et d'inondations ayant eu des conséquences désastreuses pour le pays. Ces événements sont également exceptionnels par la nature des inondations, en effet comme expliqué ensuite, les 4 types d'inondations ont affecté le pays.

Cette série a commencé les 5/6 décembre 2013 lorsqu'une tempête a inondé l'Ecosse et dont l'onde (le rehaussement du niveau de la mer en raison des faibles pressions atmosphériques) a impacté les côtes Est du Royaume-Uni et Nord du Pays de Galles. Ce fut le pire événement de ce type depuis celui qui a touché l'estuaire de la Tamise en 1953 inondant Londres. Cependant grâce aux défenses les zones basses du pays ont été protégées et les conséquences des inondations, relativement limitées.

Les 18/19 décembre, de nouvelles crues ont touché l'Irlande du Nord et l'Ouest de l'Ecosse. Une série de tempête a traversé le sud de l'Angleterre entre le 23 et le 27 décembre inondant des milliers de foyers et d'entreprises et en privant d'autres d'électricité pendant la période de Noël principalement dans les régions du Dorset, Hampshire, Surrey et Kent. Les 30/31 décembre, de nouvelles tempêtes ont apporté d'importantes quantités d'eau sur des sols déjà saturés par les précipitations précédentes dépassant les capacités des systèmes de drainage. Ainsi en Ecosse, la rivière Nith a inondé certaines villes du pays. Cet épisode pluvieux a continué début janvier inondant les zones proches de la Tamise et du Severn sur une large échelle. Ces tempêtes de début d'année ont également causé des vagues tempétueuses inondant et dégradant les côtes du pays de Galles et Sud/Sud-Ouest de l'Angleterre.

Malgré une accalmie au niveau des tempêtes après le 7 Janvier, des précipitations record ont continué sur le Sud et le Sud Est de l'Angleterre rendant le mois de janvier le plus humide de l'histoire depuis le début des mesures, soit depuis 1766 (fig 2).

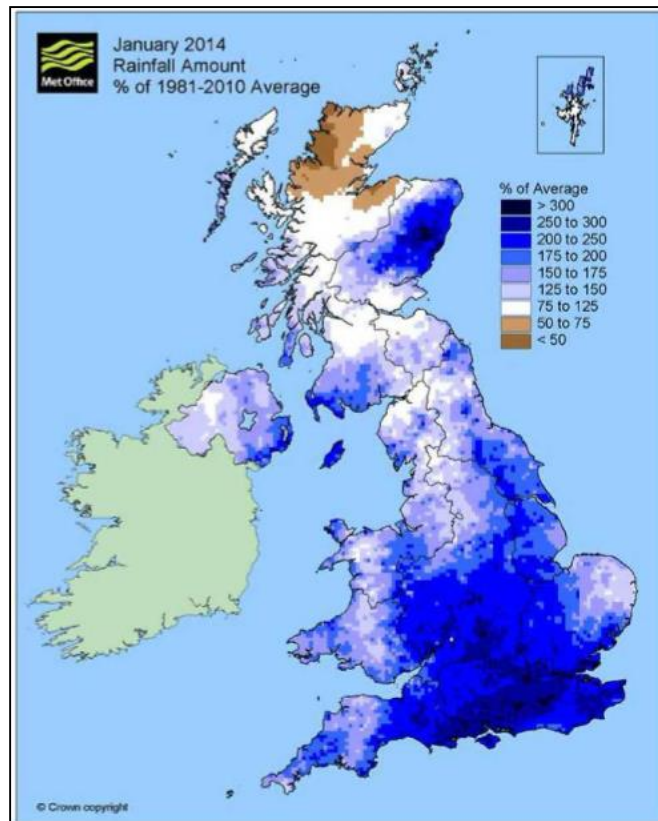


Figure 2 Comparaison de la pluviométrie de Janvier 2014 par rapport aux précipitations normales, Source MetOffice

Entre la fin du mois de janvier et le début de février, 6 tempêtes ont touché terre à 2 ou 3 jours d'intervalles. La force des vagues a durement abîmé les défenses côtières (figure 3) heureusement sans créer d'importants dégâts dans l'intérieur des terres. Les réparations ont coûté £140 millions. Dans les zones non protégées, une importante érosion s'est produite rendant inhabitables les habitations côtières.

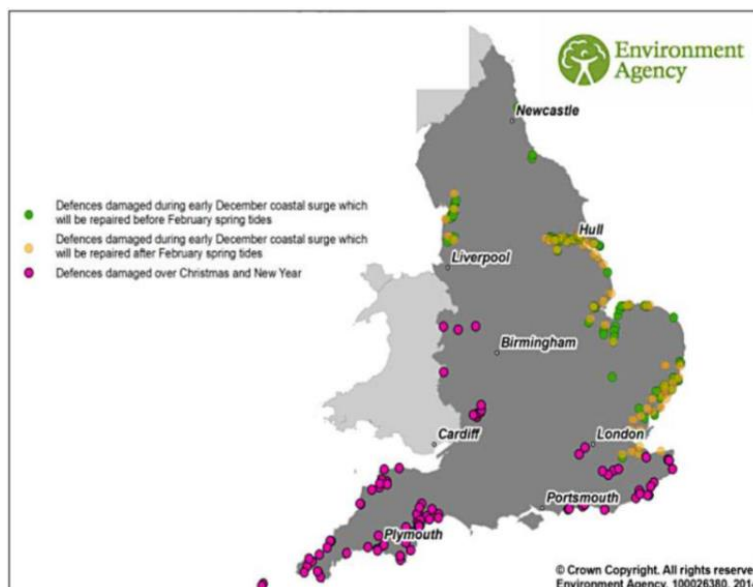


Figure 3 Infrastructures de défenses endommagées lors de l'hiver 2013- 2014 en Angleterre, Source Environment Agency

1.3. Le Réchauffement climatique, quelles conséquences ?

1.3.1. Le réchauffement climatique

L'ère industrielle s'est effectuée grâce à l'exploitation et à l'utilisation de matière carbonées comme le charbon puis le pétrole. Or ceux-ci émettent des gaz à effet de serre dans l'atmosphère à tel point qu'aujourd'hui la concentration atmosphérique en CO₂, CH₄ et oxydes nitreux n'a jamais été aussi élevée depuis au minimum 800 000 ans. Ainsi, selon le GIEC, il est « extrêmement probable » que ces émissions soient la principale cause du réchauffement climatique observé depuis le milieu de 20^e siècle. D'après le 4^e rapport d'évaluation du GIEC, il est considéré comme « extrêmement probable » que ces émissions anthropiques soient dues à au moins la moitié de l'augmentation des températures moyennes observées sur la planète entre 1951 et 2010.

A l'échelle de la planète, le réchauffement climatique serait compris entre 0,65 et 1,06°C entre 1880 et 2012 et les 30 dernières années seraient mêmes les plus chaudes depuis 1400 ans sur l'hémisphère nord (degré de confiance moyen) d'après le rapport de 2014 du GIEC. Ce changement climatique n'a pas uniquement affecté les températures mais également les précipitations, la salinité de l'eau et la taille de la calotte glaciaire. En raison de la fonte des glaciers, le niveau moyen des mers a augmenté de 0,19m [0,17-0,21m] sur le globe entre 1901 et 2010 ce qui est supérieur au rythme moyen enregistré lors des 2 derniers millénaires (degré de confiance élevé).

Les émissions cumulées de CO₂ dans les prochaines années auront une large incidence sur les températures moyennes mondiales de la fin du XXI^e siècle. Afin de connaître les différentes possibilités, le GIEC a établi différentes projections en fonction de profils représentatifs d'évolution des concentrations en gaz à effet de serre. Les 3 scénarii étudiés ici sont le RCP2,6 prenant en compte une stricte atténuation des émissions atmosphériques, 2 scénarios intermédiaires, le RCP4,5 et le RCP6,0 et le RCP8,5 ne prévoyant aucune limitation des émissions. Seul le RCP2,6 permettrait un réchauffement planétaire inférieur à 2°C comme signé lors des accords de Paris de 2015. Ainsi, selon les scénarios, la hausse des températures serait comprise entre 0,3 et 4,8°C à la fin du siècle.

1.3.2. Les conséquences

➤ Inondations liées aux précipitations

D'après le rapport publié par le Met Office en 2011, la modélisation des précipitations extrêmes est difficile à l'échelle du Royaume Uni. Cependant, les différents modèles s'accordent sur le fait que l'Europe du Nord connaîtra des précipitations plus importantes dans le futur.

L'étude sur les projections climatiques dans le pays au Royaume Uni est l'UKCP09 Report conduit par Murphy et al. en 2009. Selon lui, en hiver les précipitations journalières extrêmes seraient jusque 30% supérieure par endroit dans le sud de l'Angleterre tandis que ces cumuls resteraient proches de ceux observés aujourd'hui en Ecosse. En été cette situation serait différente est le scénario centrale montre une diminution des cumuls pluviométriques dans le sud et l'est de l'Angleterre mais une augmentation d'environ 10% dans le reste du Royaume Uni (cf figure 5).

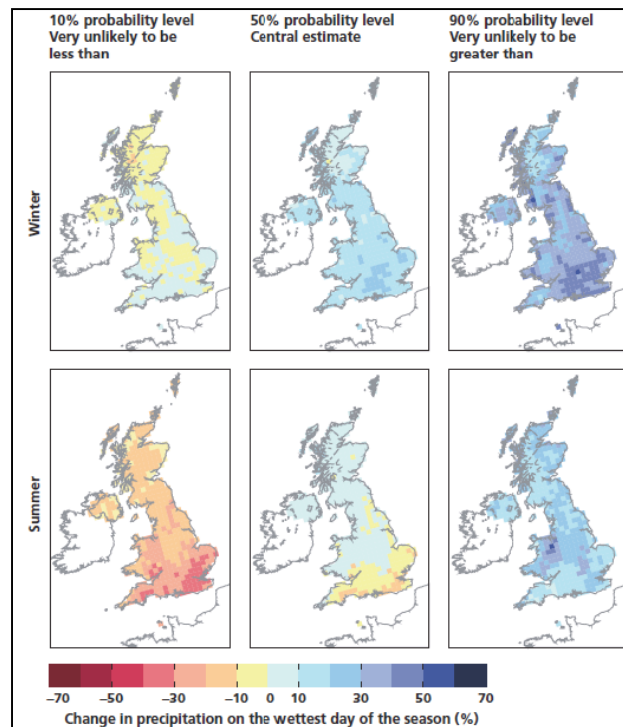


Figure 5 Modification des précipitations du jour le plus humide de l'hiver (en haut) et de l'été (en bas) avec une probabilité de 10, 50 et 90% d'ici à 2080 selon le scénario moyen d'émissions de gaz à effet de serre. Source Murphy et al. (2009)

L'augmentation de ces précipitations extrêmes conduiront à une diminution des temps de retour des inondations et nécessitent donc un changement dans la gestion du risque inondation. En effet, l'urbanisation et l'imperméabilisation qui va avec multiplie les effets néfastes du ruissellement. Il faut donc trouver d'autres solutions que la création de réservoirs en dur ou d'égouts plus larges.

➤ Inondation fluviale

D'après l'étude conduite par Dankers et Feyen en 2008, pour la période 2071-2100, les débits extrêmes seront plus importants dans les rivières du Royaume-Uni. Les inondations centennales se produiront plus régulièrement en hiver tandis que ce type de phénomène aurait une occurrence plus faible en Automne et au Printemps. Ainsi, comparativement, une inondation avec un temps de retour de 100 ans sur la période 1951-1990 aurait un temps de retour de 50 ans à la fin du siècle en Angleterre. Le même phénomène serait observé en Ecosse avec cependant une magnitude moins importante. L'année suivante, les mêmes chercheurs ont réalisé une nouvelle étude à ce sujet en tenant compte de 2 scénarios d'émission des gaz à effet de serre dans le futur, le 1^e en limitant les rejets de gaz à effet de serre, le 2^e en continuant comme aujourd'hui. Leurs conclusions ont été les suivantes, les débits modélisés seraient légèrement plus élevés dans le 1^e scénario que dans le 2^e. La plupart des scénarios évoqués suggèrent une augmentation des occurrences d'environ 30% des inondations à faible temps de retour (moins de 20 ans). Cependant les scénarios de modélisation du risque d'inondation dépendent fortement de la géographie et des autres facteurs abiotiques et biotiques qui sont plus difficiles à prévoir.

Les résultats du programme AVOID du GIEC prennent en compte les résultats du changement climatique en fonction de 21 scénarios différents de gestion des émissions de gaz à effet de serre. Les résultats sont les suivants (cf figure 6). Bien que des scénarios songent à une diminution du risque inondation d'ici à 2030, la plupart suggèrent une augmentation (entre -20 et + 70%), en moyenne de 4%. En 2100, la plupart des scénarios montrent une augmentation du risque allant

jusqu'à +360% pour le plus extrême si rien n'est fait. En conclusion, le risque d'inondation fluviale augmenterait de 10% en cas de limitation des rejets de gaz à effet de serre et s'élèverait de 70% si rien n'est fait pour limiter ces émissions.

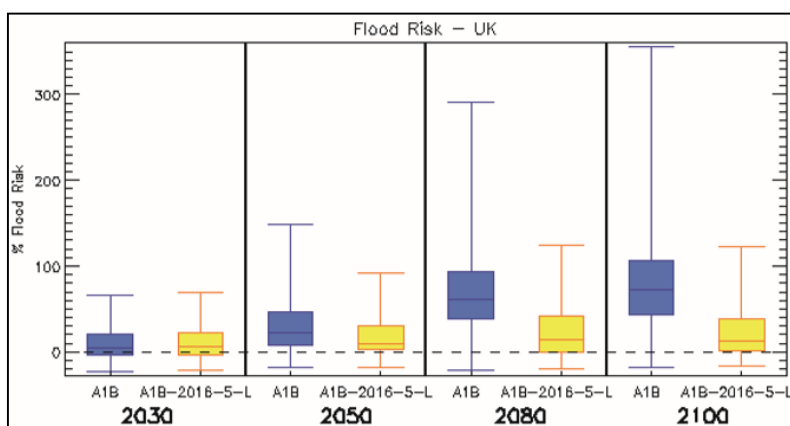


Figure 6 Boîte à moustache représentant la variation en pourcentage du risque annuel moyen d'inondation au Royaume-Uni, sur quatre horizons temporels. Les graphiques montrent les 25e, 50e et 75e centiles, Source : Met Office

➤ Inondation par remontée de nappe

Le temps de rétention de l'eau dans les aquifères souterrains est fonction de l'eau entrante à travers les précipitations et de l'eau sortante via l'évapotranspiration. Cette relation n'est cependant pas linéaire et varie en fonction de l'humidité des sols, du type de sol ... Pour ces raisons il est difficile de modéliser les évolutions futures du risque lié aux inondations par remontée de nappes. Le « *UK Climate Change Risk Assessment 2017* » a étudié 3 formes d'inondations souterraines possibles : Les inondations provenant d'aquifères calcaires, celles provenant d'autres aquifères et enfin celles ayant pour origine les dépôts superficiels perméables. En raison du nombre peu important de données, ce dernier type n'a pas pu être étudié.

Tableau 1 Evolution estimée de la fréquence des inondations par remontée de nappe en Angleterre, Source: Rapport du Giec 2014

Region	Present day return period of GW flooding (years)	2020s			2050s			2080s		
		2°C	4°C	H++	2°C	4°C	H++	2°C	4°C	H++
Chalk North Downs + Kent	30	1	1	0.7	1.2	0.3	0.7	1.3	0.5	0.5
Chalk South Downs	20	0.8	1.1	0.5	1.8	1	1.5	2	1.9	1.5
Chalk Wessex	15	1	1	1	1.5	0.9	1.3	1.6	1.5	1.6
Chalk Berks/Bucks	25	0.9	0.8	0.9	1.2	0.6	0.7	1.2	0.7	1.1
Chalk East Anglia	50	0.5	0.6	0.7	0.6	0.2	0.3	1.3	0.3	0.4
Jurassic Yorkshire	25	0.7	1	0.8	0.8	0.8	0.8	1	0.4	0.9
Jurassic South	25	0.7	0.7	1	1.2	1	1.2	1.5	1.1	1.2
Chalk Yorkshire	30	0.6	0.9	0.8	0.7	0.5	0.7	1	0.5	0.5
Chalk Lincolnshire	40	0.6	0.9	0.9	0.7	0.6	0.6	1.2	0.5	0.4
Chalk Hampshire	20	0.8	0.7	0.9	1.2	0.7	1.4	1.5	1.2	1.5
Not Chalk or Limestone Clearwater flooding	50	1.2	0.8	1.5	1.2	1	1.7	1.5	0.9	2

Note: Values show changes in frequency, where 1 represents current conditions, >1 indicates more frequent flooding (present frequency / divided by the factor) and vice versa for <1.

Ainsi, les résultats seraient les suivants, dans un premier temps et qu'importe le scénario d'augmentation des températures modélisé, la fréquence des inondations diminuerait. A partir des années 2050 cependant, la fréquence augmenterait principalement si la température s'élève de 2°C mais resterait stable ou diminuerait si la hausse se fait plus importante.

➤ Inondation côtière

D'après l'étude conduit par le « *Uk Climat Change Risk Assessment 2017 : Projections of future flood risk (Main Report)* », en raison du faible impact des vagues sur les côtes britanniques, le rapport se concentre sur l'impact du niveau de la mer sur les défenses côtières du pays. Ainsi, en cas d'augmentation des températures de 2°C, le niveau de l'eau augmenterait de 10 à 16 cm d'ici à 2050 et jusqu'à 30 cm en 2080. Pour le scénario +4°C la hauteur de la mer grimperait de 30 à 40cm en 2050 et jusqu'à 67 cm en 2080. Enfin, en cas d'augmentation non modérée des émissions de gaz à effet de serre, la hauteur moyenne de la mer gagnerait jusqu'à 145 cm en 2080. Ces données montrent qu'il faudra adapter les défenses du pays. Ainsi, il faudra adapter les défenses côtières à ces nouvelles conditions puisque les phénomènes ayant un temps de retour de 1 :100 se dérouleront bien plus souvent.

1.4. Démographie du Royaume - Uni

L'Office National des Statistiques (ONS, équivalent anglais à l'INSEE en France) a établi différentes projections d'évolution de la population du Royaume Uni d'ici à 2086. La carte figure 7 ci-dessous indique les scénarios d'évolutions démographiques faibles et fortes.

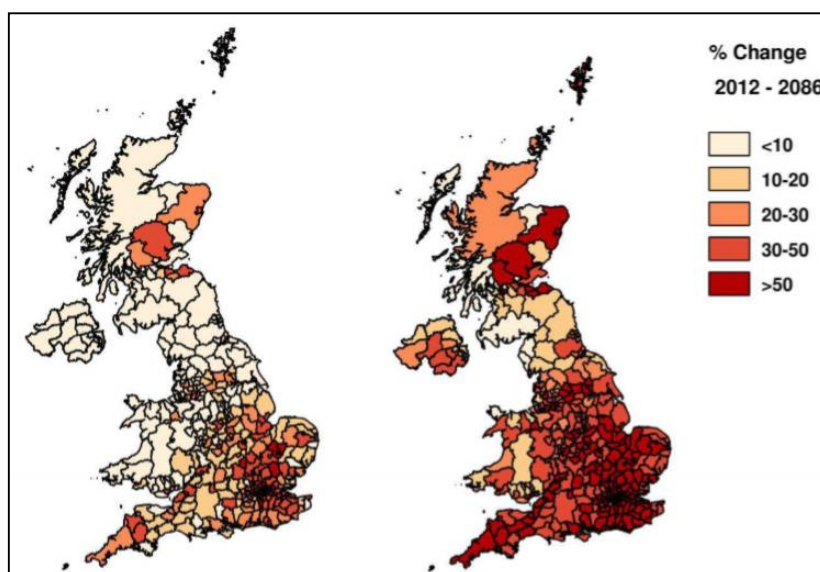


Figure 7 Evolution de la population au Royaume Uni entre 2012 et 2086, Source: ONS

Ainsi, les 2 scénarios s'accordent sur le fait que le pays connaîtra une croissance démographique importante dans le Sud Est du Royaume, principalement dans la région Londonienne ainsi que dans le centre de l'Ecosse. De plus, pour le scénario de faible évolution démographique, le pays comptera 74 millions d'habitants en 2050 et 76,5 en 2080 contre 63,7 millions aujourd'hui. Dans le 2^e scénario, il y aurait 83 millions d'habitants en 2050 et 97 millions en 2080. Ces évolutions rendront nécessaire la construction de nouveaux bâtiments pour loger ces personnes. Or aujourd'hui déjà un bâtiment sur 6 se situe en zone inondable et cette proportion serait amenée à augmenter.

Le Royaume-Uni va donc être affecté par le changement climatique et subira des précipitations plus aléatoires avec une augmentation des phénomènes extrêmes. Elle sera concernée par des inondations fluviales plus fortes et plus régulières, une érosion côtière qui va s'accélérer et qui modifiera la ligne de côte britannique et des inondations par remontée de nappe plus fréquentes. Ces problèmes seront amplifiés par l'augmentation de la population du Royaume qui selon le scénario le plus extrême pourrait être de 30 millions d'habitants. Alors qu'un sixième des bâtiments se trouve déjà en zone à risque, le pays devra faire face pour protéger ses habitants et créer des solutions innovantes pour que le développement du pays et sa protection ne se fassent pas de manière conflictuelle. La partie suivante va permettre de développer une solution souhaitable pour le pays.

2. Utilisation de la trame verte et bleue au Royaume – Uni

Afin d'obtenir une meilleure compréhension du sujet, il faut savoir qu'au Royaume Uni, les protections de crue doivent résister inondations de la manière suivante :

- Les défenses contre les rivières doivent résister à des crues centennales
- Celles contre la mer à des épisodes bicentennaux
- Les éléments constitutifs de la trame verte et bleue à des phénomènes ayant un temps de retour de 30 ans
- La barrière de la Tamise à des inondations millénaires

2.1. La trame verte et bleue

2.1.1. Définition

En 2006, Benedict et MacMahon définissaient la trame verte comme un besoin de couloirs écologiques et de hubs interconnectés pour permettre le déplacement de la faune. Ce besoin de corridors étant nécessaire en raison de l'étalement urbain et de sa nature de plus en plus imperméable pour les autres êtres vivants. C'est cependant lors de la dernière décennie que le terme de « green infrastructure » a évolué en « *blue-green corridor* » en prenant également compte de la gestion des milieux aquatiques.

Les infrastructures suivantes peuvent être considérées comme faisant parties de la trame verte et bleue si elles respectent la typologie ci-dessous :

- Les lotissements et les jardins communautaires
- Les bâtiments végétalisés via les balcons, les murs ou les toits végétalisés
- Les zones naturelles, semi naturelles et sauvages avec les forêts, les arbustes, les friches, les rochers, les dunes, les carrières, les mines ou encore les zones humides, les tourbières et les marais
- Les parcs et autres lieux de loisirs, des infrastructures comme les parcs et jardins urbains, les cimetières, les installations sportives ou autres espaces verts sont des exemples
- Les cimetières et les cours d'église
- Les terres agricoles : terres arables, prairies, vergers, agroforesteries, horticultures
- Les espaces privés, commerciaux, industriels ou institutionnels connectés à une route comme les allées d'arbres, les haies, les jardins privés, les remblais de chemins de fer, les aires de jeu ou encore les cours d'école
- Les zones en eau : Lacs, étangs, rivières, ruisseaux (asséchés ou non), les canaux, les estuaires, les deltas, les zones côtières

L'Union Européenne et la loi britannique ont également encouragé l'utilisation des trames vertes et bleues pour la conservation des espaces naturels et la gestion de la ressource en eau.

2.1.2. Utilité

La Commission Européenne, dans son guide pour créer une infrastructure verte en Europe publié en 2014 a détaillé les différents avantages à développer ce type d'infrastructures. Ainsi, ils peuvent se diviser en plusieurs catégories.

Premièrement, ces corridors écologiques ont des avantages environnementaux. Ils permettent d'améliorer l'approvisionnement en eau potable d'un point de vue quantitatif et qualitatif en éliminant les substances polluantes présentes dans l'air et dans l'eau. Elles améliorent également la pollinisation. Les racines diminuent l'érosion des sols et conservent les eaux pluviales ce qui limite les risques d'inondation ou de sécheresse. La trame verte et bleue (TVB) permet également de réduire le développement des organismes nuisibles, d'améliorer la qualité des sols grâce à la végétation mais aussi de limiter l'utilisation et donc l'imperméabilisation des sols. C'est également une source d'habitats pour la faune et la flore et constitue un réservoir de biodiversité. Ces corridors reconnectent les territoires et de facilitent le déplacement des êtres vivants.

Elle offre des avantages sociaux en améliorant la santé et le bien être de la population tout en augmentant la valeur immobilière et la spécificité locale. En effet, les biens se situant à proximité d'infrastructures dites « vertes » sont soumis à des prix d'achats plus élevés que les autres. Elles rendent ses villes plus attractives et plus écologiques ce qui permet le développement touristique et d'autres activités récréatives. Enfin, cette diversification de l'économie locale crée de nouveaux emplois et rend l'économie moins sensible aux aléas.

Enfin, la TVB permet d'atténuer et de s'adapter aux changements climatiques. Celle-ci capture et stocke les éléments carbonés responsables du réchauffement climatique et améliore la résistance des écosystèmes aux phénomènes extrêmes. Elle prévient les catastrophes comme les tempêtes, les feux de forêts ou les glissements de terrain tout en limitant les effets d'îlots thermiques urbains en cas de fortes chaleurs. Elle joue également un rôle dans la prévention et la gestion des inondations. C'est sur ce dernier point que se concentrera cette étude afin de comprendre comment et pourquoi la TVB peut être utilisée pour répondre à cet objectif au Royaume- Uni.

2.1.3. Contexte réglementaire

Dans cette partie seront brièvement décrits toutes les directives et autres éléments cadres valables pour la création et la gestion des trames vertes et bleues. Elle s'attachera également à étudier toutes les stratégies liées au développement de ses infrastructures pour mieux comprendre les textes régissant ses trames.

Contexte européen

- **Stratégie européenne pour les infrastructures vertes 2013**
C'est un document publié par la Commission Européenne en 2013 visant à promouvoir le développement des infrastructures vertes dans les aires urbaines et rurales en Europe. Celui-ci a également comme objectifs de promouvoir le développement des trames vertes à travers différentes politiques agricoles, forestières, naturelles, de la gestion de l'eau ; de cohésion et de développement des territoires, de l'adaptation aux changements climatiques, de transports, d'énergies ou encore d'utilisations des terrains disponibles

- **Convention européenne du paysage**
Le document produit à l'issue de cette convention a été signé par le gouvernement britannique en février 2006 puis ratifié en novembre de la même année et appliqué en 2007. Son objectif était la protection, la gestion et la planification des actions liées aux paysages à travers l'Union. Il visait aussi à supprimer l'antagonisme entre les impératifs environnementaux et socio-économiques du 21^e siècle. Cette convention concerne toutes les zones naturelles, rurales, urbaines terrestres et les eaux intérieures
- **Directive Habitats modifiée en 2010**
Ce texte a été décidé en 1992 et visait à ce que chaque état membre modifie sa législation de manière à maintenir ou à restaurer les habitats naturels où sont présents la faune et la flore sauvage et ce à travers des objectifs de sites, de protections et d'espèces. Cette directive a été amendée en 2010.
- **Directive cadre sur l'eau**
Cette directive a été signée par l'Union Européenne en 2000 puis a été traduite dans le droit britannique en 2003. Son objectif était le retour au bon état des eaux de surfaces et des eaux souterraines d'ici à 2015 à travers des critères biologiques, hydromorphologiques, physico-chimiques et chimiques. Ainsi, la gestion des eaux s'est fait à partir des bassins et des districts hydrographiques.

Contexte national

- **Loi sur la faune et la campagne de 1981**
Cette loi qui a été amendée depuis servait de base à la protection des espèces et des habitats au Royaume-Uni. Elle définit également les sites d'intérêts scientifiques spéciaux en raison de leurs particularités ou de leurs intérêts scientifiques. Les trames vertes et bleues peuvent être sous le coup de cette loi. Celle-ci a été amendée en 2000 en changeant la réglementation d'accès à certains sites tout en renforçant la gestion d'autres.
- **Loi de 2006 sur l'environnement naturel et les communautés rurales**
L'article 40 de cette loi impose aux autorités locales et aux organismes publics de préserver la biodiversité. Celui-ci est également le premier texte exprimant la fourniture de services et de fonctions des écosystèmes.
L'article 41 demande aux autorités et organismes d'identifier et de prendre en compte les espèces et les habitats ayant une importance particulière pour la création de plans de protection de la biodiversité.
- **Loi de 2010 sur la gestion des eaux et des inondations**
Ce texte prévoit une gestion complète du risque pour les personnes, les biens et les entreprises. Elle vise à protéger l'approvisionnement en eau potable aux consommateurs tout en facilitant le drainage des eaux de surfaces. Prenant en compte le changement climatique, c'est la 1^e loi visant à réduire les risques associés aux conditions météorologiques extrêmes. Ultérieurement, cette loi sera étudiée plus profondément pour comprendre comment ses corridors écologiques doivent être conçus pour limiter le risque inondation. Une nouvelle loi devait être publiée en 2018 cependant à la date de rendu de ce rapport cela n'avait toujours pas été fait.
- **Directive cadre sur l'eau**
Cette directive européenne a été transposée dans la loi britannique avec les mêmes principes que développés précédemment.

- **Cadre stratégique national de planification (2012)**
Ce texte encourage la création et l'amélioration des réseaux et corridors écologiques naturels au Royaume Uni. Il notifie également de la possibilité d'utiliser la trame verte et bleue comme mesure de protection et de prévention contre le risque inondation dans les zones vulnérables. Il rend obligatoire la prise en compte des conséquences du changement climatique à long terme dans la rédaction des plans locaux. Ainsi, les nouveaux aménagements ne doivent pas augmenter la vulnérabilité aux conséquences du réchauffement climatique comme celles liées à la montée des eaux, aux risques inondations, aux changements paysagers et de biodiversités.

2.2. Les techniques actuelles

Maintenant que le concept de trame verte et bleue a été défini, il convient de comprendre comment elle peut être utilisée dans le pays. Cette partie se présentera sous la forme de plusieurs études de cas pour analyser les différentes solutions pouvant être apportées en fonction du contexte géographique et démographique. Dans un premier temps sera étudié un exemple d'utilisation de la TVB dans un contexte péri-urbain dans les villes de Killingworth et Longbenton dans la banlieue de Newcastle. Ensuite les aménagements prévus dans la ville de Derby seront présentés. Cette étude illustrera l'utilisation des infrastructures vertes et bleues dans une zone avec une importante densité de population. Enfin, les différents types d'aménagements pouvant être utilisés ou ayant déjà été utilisés dans le Royaume seront listés.

2.2.1. Killingworth et Longbenton

La première étude de cas se concentre sur les communes de Killingworth et de Longbenton. Ces 2 communes se situent en Angleterre à une dizaine de kilomètres au nord de Newcastle dans le comté de North Tyneside (figure 8). Cette zone se caractérise par une densité d'environ 2400 habitants par km² et constitue une banlieue densément peuplée de la ville de Newcastle.



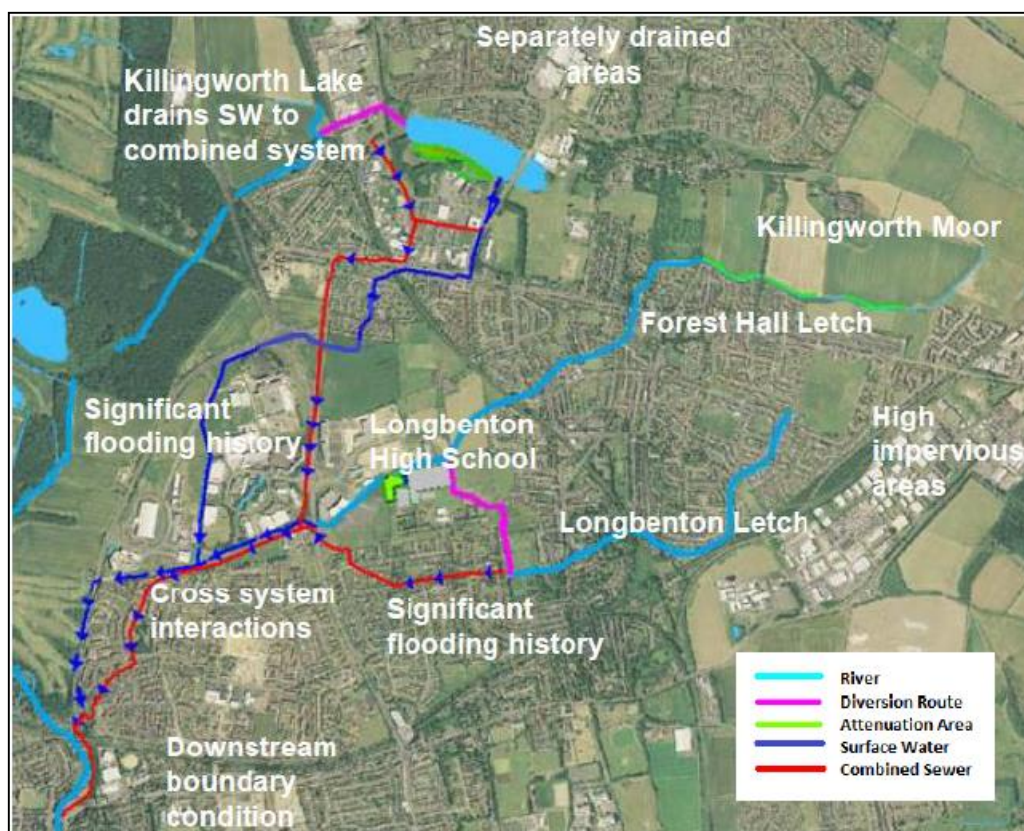
Figure 8 Localisation du district, Source Wikipédia

D'après le « *Surface water management plan* » publié en décembre 2012, les 2 communes ont été inondées en 2005, 2007, 2008, 2009 et 2012 montrant un problème dans la gestion des eaux

de surface. Celui-ci se traduisant par l'inondation de terrains privés, de l'autoroute située à proximité, du débordement du ruisseau local et était en partie causé par le sous-dimensionnement du système d'évacuation des eaux pluviales. De plus, ce territoire a une mauvaise qualité de l'eau.

Pour répondre à ses problèmes, l'Agence de l'Environnement « *Environment Agency* », le « *North Tyneside Council* » et le « *Northumbrian Water group* » ont développé un partenariat. Leur choix s'est porté sur la réalisation d'un bassin de rétention des eaux de surface. La nouvelle stratégie de drainage s'appuie sur de multiples approches : la création d'un bassin de rétention des eaux, la création de zones humides, l'utilisation d'un réseau d'égouts séparatifs et une meilleure gestion des eaux de surface sur le bassin versant. Le coût des travaux avait été estimé à £4.2 millions. L'ensemble des aménagements est cartographié figure 9.

La rivière traversant les 2 villes s'appelle le « *Longbenton Leach* » et s'écoule dans un tuyau. Le projet a déconnecté le « *Longbenton Leach* » de la station d'épuration et l'a dévié vers la rivière nommée « *Forest Hall Leach* ». Pour absorber le volume d'eau supplémentaire, des zones d'expansion de crue ont été aménagées en amont du cours d'eau. Les 3 zones d'expansion des crues permettent le stockage d'un volume de 5000m³ le long De la forêt de Letch.



A proximité du lycée de Longbenton, une zone de stockage des eaux a été aménagée près du confluent pour limiter les écoulements. Cette zone de rétention est remplie grâce à un barrage sur la rivière et permet le stockage de 6000m³. Il existera un bassin de rétention d'eau de surface de 1000 m³ construit pour atténuer les écoulements issus de la ville. La figure 10 montre à quoi ressemble ce bassin en période de sécheresse (photo de gauche) et en période plus humide (photo de droite). Pour ralentir les écoulements provenant des rues alentours, des arbres, des arbustes et de la végétation ont été plantés dans la ville, dans le lycée et dans le cimetière situé à proximité.



Figure 10 Bassin de rétention du lycée de Longbenton, Source: Susdrain.org

La dernière partie du projet concerne le lac de Killingworth. En effet, lors des intempéries, il a tendance à déborder et à saturer le réseau d'égouts. Pour répondre à ce problème, il a été décidé d'abaisser le niveau du lac de 10cm ce qui permet de stocker environ 7000m³ d'eau de surface supplémentaire. Afin d'augmenter la quantité retenue, une zone d'expansion de crue du lac a été construite au sud du lac ce qui permet de stocker environ 3000m³. Cette eau est ensuite rejetée dans l'affluent local.

Une fois les travaux terminés, tous ces aménagements doivent permettre le stockage d'un volume de 22000m³ d'eau. Les zones humides situées sur le bassin versant et les zones d'expansion de crues ralentiront les écoulements des eaux. Ce système est censé protéger Longbenton et Killingworth contre des précipitations ayant un temps de retour de 100 ans. De plus, le bassin de rétention a l'avantage de ne pas être une perte sèche d'espace pour la commune. Il a été décidé d'y créer une prairie humide et un espace potager partagé ce qui constitue un espace vert et un espace de sensibilisation à l'écologie pour la commune (figure 11).



Figure 11 Exemple d'aménagements éducatifs construits à Killingworth, Exemple Susdrain.org

La réalisation de ces projets aura de multiples bénéfices pour le district. Ici sont listés les principaux regroupés par thématiques :

- Réduction du risque inondation : Il permettra de réduire ce risque pour environ 3500 propriétés résidentielles et commerciales dans le bassin versant et de limiter les interruptions du trafic routier liées aux crues.
- Biodiversité : La création de ces nouvelles zones humides entre « Killingworth Moor » et le lac de Killingworth entraînera l'augmentation des populations floristiques et faunistiques ainsi que l'arrivée de nouvelles espèces.
- Qualité de l'eau : La zone humide améliorera l'absorption des polluants présents dans les eaux ruisselantes. De plus, le passage à un réseau de drainage séparatif supprimera le risque de débordement du réseau et le rejet d'eaux grises dans l'environnement.

- Paysager : La création de ces infrastructures vertes et bleues diversifie les paysages dans les zones concernées par les projets
- Education : Ces infrastructures vont sensibiliser la population locale à l'utilisation de la trame verte et bleue pour la protection et la prévention contre les inondations. Ils serviront aussi à sensibiliser les habitants à la protection de l'environnement. De plus, la zone humide située à proximité des écoles peut servir de terrain d'étude et de lieu d'observation
- Développement : La réduction de la superficie concernée par le risque d'inondation va permettre l'installation de nouvelles propriétés. Enfin, la valeur des biens maintenant protégés va augmenter.

L'entreprise Susdrain qui a proposé et réalisé les travaux estime à £30m les bénéfices de ces travaux en grande partie grâce à la réduction du risque inondation. Le bénéfice estimé de ses travaux pour la commune est donc d'environ £26m. Cet exemple montre que ces projets bien que pouvant paraître chers au premier abord sont amortis assez rapidement. De plus, les espaces utilisés ne sont pas perdus puisqu'ils sont également multi usages.

2.2.2. Cas de Derby

Après avoir vu le cas d'une zone péri-urbaine, il est décidé d'étudier l'implantation d'infrastructures de la TVB au sein d'une ville de taille moyenne. Pour cela, le choix s'est porté sur le cas de Derby dans les Midlands qui est située au Centre Nord de l'Angleterre (figure 12). Il s'agit d'une ville qui comptait 248 700 habitants et qui continue à gagner des habitants aujourd'hui. Elle est également la commune la plus importante du district de Derbyshire. Dans le cadre de son programme «*Our City Our River* », le conseil de la ville et l'Agence Environnemental ont souhaité réduire l'impact des inondations en reconnectant la Derby à sa rivière (le Derwent) et permettre un développement durable à long terme.



Figure 12 Localisation de Derby au Royaume Uni, Source: ontheworldmap.com

Afin de comprendre la situation de Derby, il faut étudier la météorologie de la ville. Pour cela a été choisie la station météorologique du Met Office (équivalent anglais de Météo France) de Watnall située à 17km de Derby. Cette station fait office de référence pour la ville. Comme tout le

royaume, Derby possède un climat océanique selon la classification de Koppen qui, comme indiqué sur la figure 13 se caractérise par une faible amplitude thermique et des précipitations équitablement réparties tout au long de l'année. Les pluies se produisent régulièrement chaque mois, en effet, d'après les moyennes climatiques, il y a 9 jours de pluie au minimum pendant l'été et 12 jours de pluie au maximum en décembre. Précision utile, un jour est considéré comme pluvieux lorsque les précipitations dépassent 1mm en 24h.

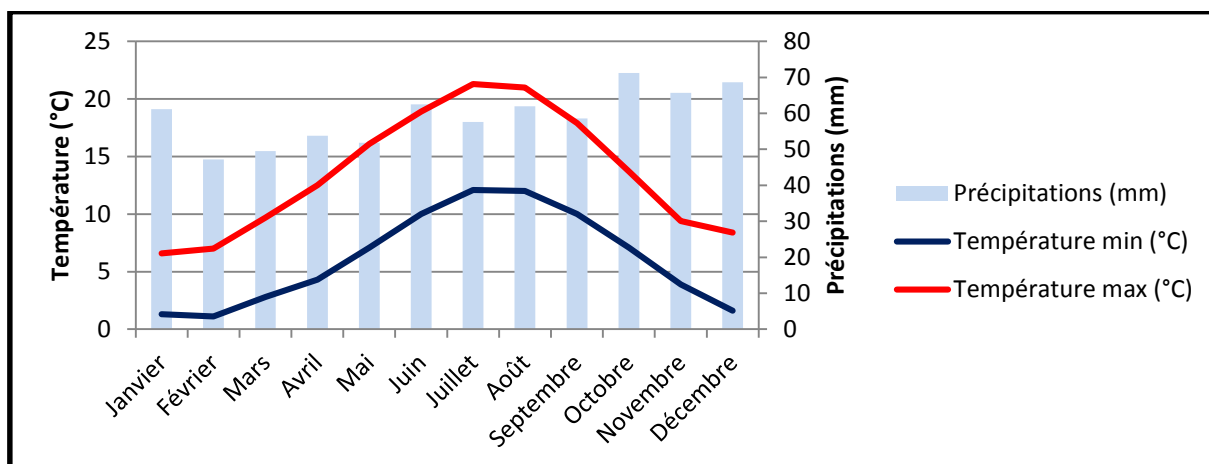


Figure 13 Données climatiques moyenne de Watnall (1981 - 2010), Source Met Office, Infographie Florian MIROLO

➤ Que dit le masterplan ?

En premier lieu, le master plan indique que la probabilité que les défenses actuelles de protection soient dépassées est de 4% ce qui correspond à une inondation avec un temps de retour de 25 ans. L'association britannique des assureurs indique que les habitations et les commerces aient une assurance capable de couvrir des inondations avec un temps de retour de 75 ans. En raison des coûts liés à cette situation, le développement de nouvelles infrastructures et une nouvelle gestion de ce risque est donc apparu nécessaire. Enfin, le master plan prévoit qu'en raison du changement climatique, les phénomènes météorologiques et les pluies extrêmes se produiront plus fréquemment qu'actuellement rendant encore plus obsolètes les mécanismes actuels de protection et de gestion.

Ce master plan, publié en juillet 2012 définit son objectif comme un plan nécessaire pour assurer une gestion durable du risque d'inondation à Derby permettant d'utiliser le potentiel économique de la zone inondable tout en reconnectant la ville à sa rivière. Ceci doit se faire en respectant les points suivants :

- Investir de manière à permettre le développement à long terme de la ville que ça soit dans les zones proches de la rivière et celles situées plus loin tout en la reconnectant au Derwent
- Ne pas augmenter la taille des défenses actuelles contre les inondations pour ne pas créer un emmurement des différents quartiers, susceptible de donner une impression de ségrégation à ses habitants. Ceci dégraderait également la qualité de l'environnement urbain tout en déconnectant encore plus la ville à son fleuve.

L'aire concernée par ce plan est celle présentée sur l'image 14 débute à « *Darley Abbey Mills* » jusqu'au pont utilisé pour le trafic ferroviaire. Cette zone est à la fois occupée par des résidences d'habitation, par des entreprises et par des activités agricoles.

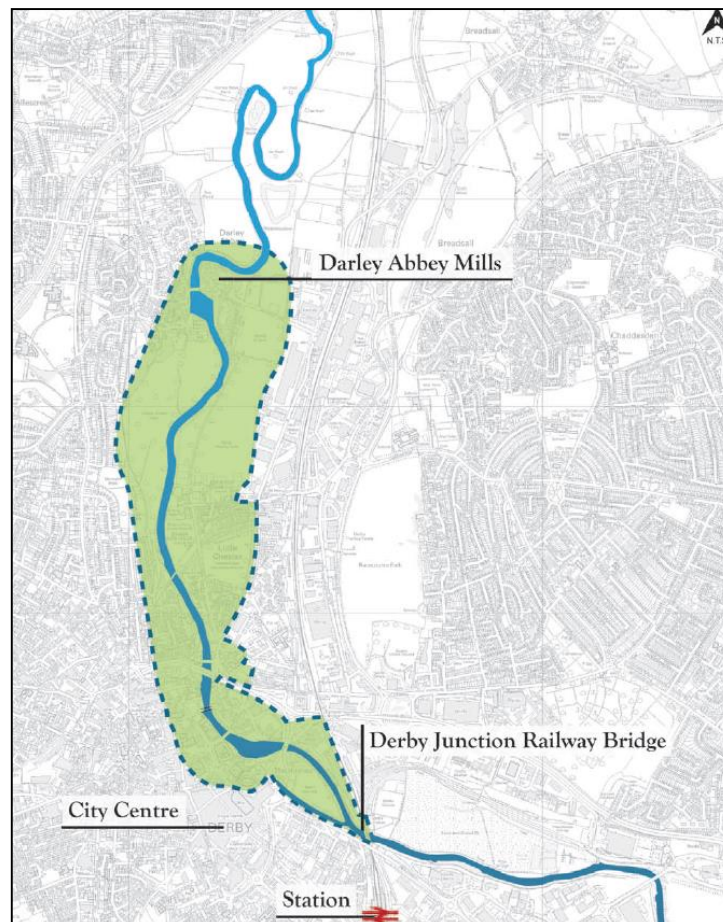


Figure 14 Zones concernées par le master plan, Source et Infographie: « Our City Our River Derby masterplan »

➤ Que se passerait-il maintenant en cas d'inondation ?

La figure 15 illustre les zones inondées en cas de crue du siècle du Derwent. En raison des caractéristiques topographiques locales, le délai entre l'alerte et l'inondation serait de 4h, ce qui est très court pour se préparer et évacuer les biens et les personnes les plus sensibles. La rive Est serait la plus touchée tout comme le centre-ville en raison du dépassement des digues. D'après l'agence de l'environnement, environ 2500 propriétés se retrouveraient inondées dans une telle situation.

En cas d'inondation centennale, c'est tout le fonctionnement de la ville qui serait impacté. En effet, la principale centrale électrique est localisée sur la rive ouest de la rivière et se retrouverait sous les eaux coupant l'électricité à des milliers de foyers et d'entreprises principalement dans le centre-ville. La station d'épuration serait également menacée avec le risque d'un débordement et donc la contamination de toutes les eaux de crue. Les transports seraient concernés avec une circulation très difficile pour entrer ou sortir du centre-ville, le réseau routier principal et autoroutier serait en parti inondé ce qui ralentirait l'arrivée des services d'urgence (pompier, police et ambulance). Les transports en commun seraient difficilement utilisables alors que les gares de Derby Centre et Derby sud seront inondées. La circulation piétonnière sera également dangereuse en raison de l'eau et des courants.

Le retour à un fonctionnement normal de la ville prendra également du temps alors que l'économie de la ville sera durement impactée. En plus des frais liés à l'inactivité, il faudra également prendre en compte l'argent nécessaire pour le nettoyage et la réparation des dommages. De plus, les zones inondées subiront une chute de leurs valeurs foncières tandis que certaines seront

abandonnées ce qui aura des conséquences sur l'image de la ville. Le document n'estime cependant pas le coût qu'aurait une inondation de cette ampleur pour la collectivité.

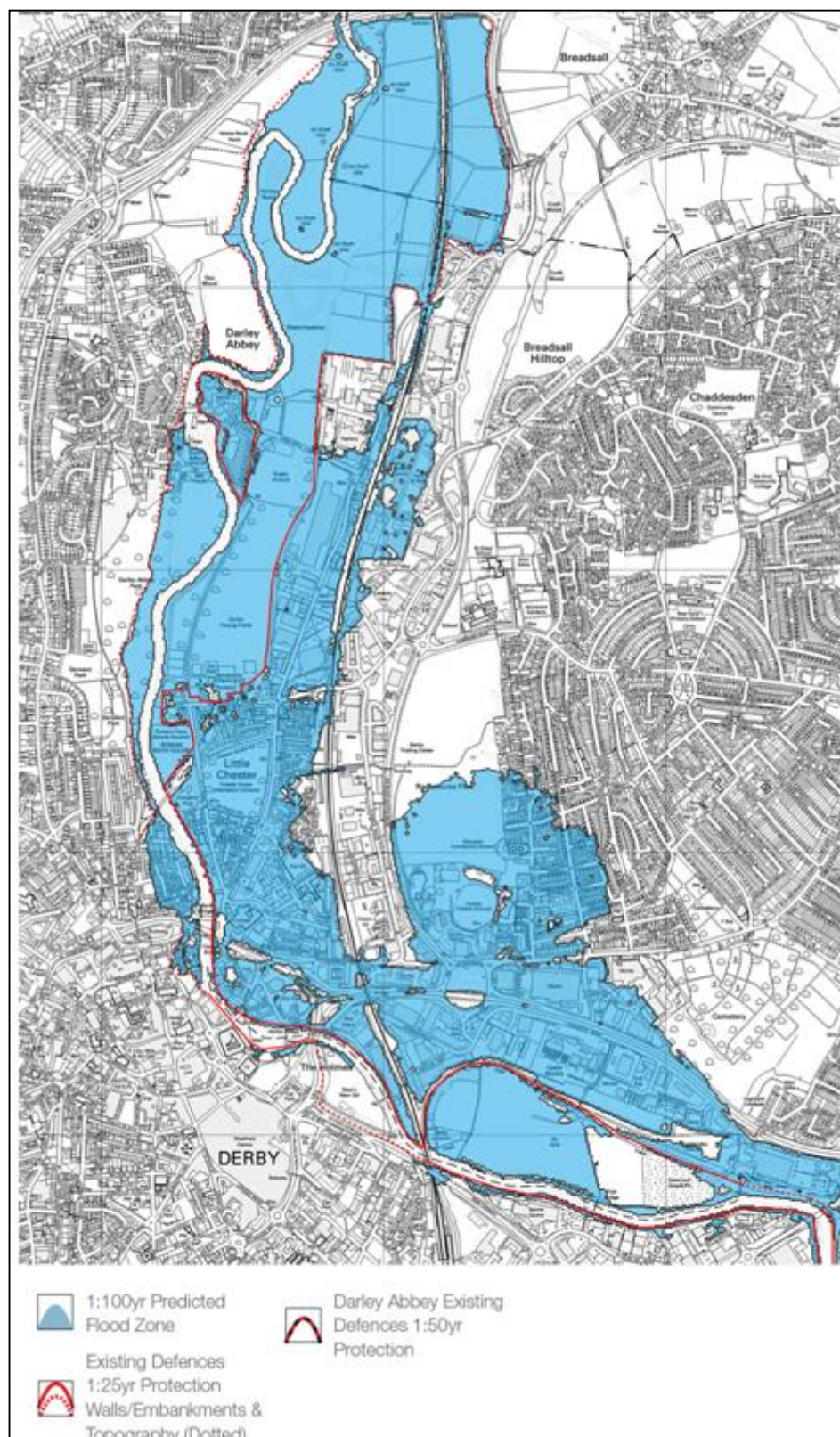


Figure 15 Zones inondées à Derby en cas d'inondation centennale Source : « *Our City Our River Derby masterplan* »

Une fois les objectifs du « *masterplan* » définis, celui-ci propose plusieurs lieux où des aménagements sont nécessaires. Les 2 aménagements liés à la TVB présentés sont situés au Nord de la ville de Derby.

➤ Site 1 : le moulin de l'abbaye de Darley

Les moulins et les écuries sont présents dans les parties basses du Derwent et constituent un important patrimoine pour la ville qu'il convient de préserver. L'abbaye et son moulin datent du 18^e siècle et de la révolution industrielle. C'est un lieu important pour la biodiversité locale avec 2 petites réserves naturelles. Cette zone possède une petite poche résidentielle au sud de l'abbaye et des accès piétons et routiers. Cet espace est à présent en déclin et l'abbaye a été considérée comme « à risque » par les autorités. En 2010, la ville a décidé de régénérer le lieu. En raison de la menace inondation pesant sur ce site, il convient de trouver une solution. En effet, les défenses actuelles ne permettent pas de protéger le site lors d'épisodes ayant un temps de retour de plus de 50 ans.

Les aménagements proposés dans le « *masterplan* » visent à améliorer l'attractivité économique de la zone tout en la protégeant des inondations et en favorisant la diversification des habitats pour la faune et la flore. La figure 16 montre les aménagements prévus. De manière générale, il est prévu de protéger les zones patrimoniales et habitées de l'eau tout en utilisant la réserve naturelle et les terrains de foot comme espaces de stockage et d'écoulement des eaux.



- 1 : Ecrire un plan de gestion de la réserve naturelle pour améliorer et créer les habitats
- 2 : Elever le niveau de la digue pour protéger les habitations de la rive ouest de la rivière
- 3 : Utiliser la plaine d'inondation à l'est du moulin comme une zone d'expansion de crue
- 4 : Utiliser les piles du pont comme habitats pour la faune locale
- 6 : Adapter le pont à des crues plus hautes
- 7 : Etudier et aménager les berges et les îles pour permettre le maintien d'espèces telle que la loutre
- 8 : Créer de nouvelles digues autour du complexe résidentiel et de l'abbaye afin de les protéger des eaux
- 9 : Utiliser les terrains de foot comme zone tampon en alimentant la zone à l'aide d'un système de vannage
- 10 : Rehausser la taille des digues après les terrains de foot

Figure 16 Aménagements prévus au moulin de Darley, Source:
« *Our City Our River Derby masterplan* »

➤ Site 2 : Terrains de jeu de « *Little Chester* » et de « *Parker's piece* »

Cette zone située en aval du moulin de l'abbaye de Darley est également un site inscrit au patrimoine de la ville de Derby. A cet endroit, la rive ouest offre une topographie assurant une protection naturelle contre les inondations. Plus au sud, le parc de victoria possède de nombreuses espèces et offre un espace de détente pour la population. Il y a une infrastructure sportive avec un large nombre de terrains de foot, de tennis ... qui sont régulièrement inondés en hiver. Une fois le parc passé, la bande d'extension possible de crue se réduit en raison des habitations, principalement sur la rive est.

L'approche choisie ici est celle donnant une valeur récréative à cet espace tout en lui permettant de protéger les zones d'intérêts et en maintenant « ouvert » la zone visuellement pour les quartiers adjacents. Les travaux doivent également prendre en compte le potentiel archéologique de la zone. Les aménagements proposés sont spécifiés sur la carte figure 17.



- 1 : Elévation des protections actuelles pour limiter le risque de débordement
- 2 : Utilisation de la prairie comme réserve de biosphère et zone d'expansion des crues
- 3 : Ensauvager la berge en la diversifiant et en ajoutant des arbres
- 4 : Déplacer les digues existantes pour faciliter l'écoulement des eaux en aval tout en ralentissant les débits
- 5 : Création d'un nouveau sentier pédestre et d'une nouvelle piste cyclable en bas de la digue
- 6 : Création de nouveaux points d'observation de la faune
- 7 : Elévation des digues présentes et déplacement du terrain de boule
- 8 : Suppression de la digue située sur la berge de « *Parkers Piece* » afin de créer une zone d'expansion de crue. Les arbres permettront de diminuer la vitesse de l'eau
- 9 : Suppression des remblais présents sur la berge pour faciliter le débordement dans cette zone
- 10 : Développement du bâtiment
- 11 : Conserver la connexion entre le parc et la ville

Figure 17 Aménagements prévus à proximité du terrain de jeu et du parc, Source: « *Our city Our River Derby masterplan* »

Les aménagements proposés pour atteindre les objectifs du « *masterplan* » sont légendés comme présenté sur la figure 18.



Figure 18 Légende des schémas d'aménagement du masterplan Source: « *Our City Our River Derby masterplan* »

L'étude du « *masterplan* » dans cette zone montre une volonté de construire ou de rehausser les digues principalement sur la rive est de la rivière. Il existe également un objectif de pérennisation de la zone d'expansion de crue dans la ville tout en dynamisant les corridors écologiques présents près de la rivière. Ce sujet prouve également que la ville de Derby souhaite que ces espaces soient toujours des lieux de détente et favoriser les déplacements doux dans cet espace.

Le « *masterplan* » de Derby compte 7 sites d'intérêts où des travaux sont programmés. Ce rapport a présenté 2 de ces sites. Les 5 autres sont dans la même philosophie. Ces principes sont imposés par l'Agence Environnementale britannique et sont les suivants :

- Maintenir les défenses existantes jusqu'à finalisation de tous les travaux. Elles pourront être détruites lorsqu'elles seront redondantes avec les nouveaux aménagements
- Réaliser des travaux de terrassement pour rendre plus efficaces les digues et permettre d'améliorer les écoulements des eaux de la rivière
- Mettre en place de nouveaux dispositifs de protection contre les inondations
- Améliorer ou supprimer les défenses déjà existantes si le besoin s'en fait sentir
- Renforcer les structures existantes pour les rendre moins sensibles aux crues
- En concert avec la municipalité de Derby, installer et maintenir des vannes d'inondation
- Améliorer et créer des habitats floristiques et faunistiques

Ces exemples montrent que les aménagements prévus dans le « *masterplan* » de Derby restent cependant principalement issus du génie civil à travers la création, l'élévation ou le renforcement d'infrastructures de défense. L'utilisation des plaines inondables sont assez rares et de fait, des digues sont maintenues ou construites derrière malgré une volonté de reconnecter la ville à sa rivière et de préserver ou de créer de nouveaux habitats pour la vie sauvage. Les raisons ayant conduit à ces choix sont économiques, le budget de la ville étant limité, il leur a paru plus simple de choisir ce type d'infrastructure, de plus, le choix de construction ou de maintien de bâtiments dans la plaine inondable a été fait en raison du poids socio-économique et du développement potentiel de la zone paraissant plus important que le développement d'une potentielle zone inondable. Pour conclure, il est difficile au Royaume Uni pour une ville d'importance moyenne comme Derby d'avoir une politique de prévention et de gestion des inondations se concentrant principalement sur la TVB. Celle-ci est utilisée en complément à condition de ne pas avoir un impact financier ou économique

important. Le maintien et la protection des habitats se fait dans les zones où cela présente un intérêt culturel et en raison de l'avis de l'Agence Environnementale.

Après avoir vu dans quel cadre la trame verte et bleue peut être utilisée à une large échelle dans une zone péri-urbaine *cf. partie 2.2.1* ou urbaine *cf. partie 2.2.2*, son installation à une petite échelle (rue, jardin, parking ...) doit être présenté.

2.3. Exemples d'infrastructures vertes et bleues

Dans cette partie seront présentés les différents types d'infrastructures pouvant être utilisées à travers divers exemples. Attention, l'objectif ici est de montrer quelles infrastructures sont souhaitables. Dans les zones habitées, les inondations sont provoquées par 2 phénomènes majeurs : le ruissellement et l'accumulation d'un volume d'eau trop important pour une rivière ou une retenue les faisant déborder. Les aménagements proposés ci-dessus visent à diminuer le ruissellement des eaux ou à stocker un volume d'eau important.

➤ Restaurer les zones d'expansion de crue

Cette technique s'appuie sur le fait que dans un système naturel, en période de hautes eaux, les eaux de la rivière vont pouvoir sortir du lit et s'étaler dans la plaine inondable. La gestion passée des inondations s'est faite en construisant un certain nombre de digues ou autres défenses. Or, en cas d'évènement extrême, il existe un risque de destruction de ses aménagements et de largage d'un important volume d'eau pouvant avoir des effets catastrophique pour les biens et les personnes. La gestion moderne des inondations, et conformément à la directive inondation, à la DCE ou aux directives habitats (le Royaume-Uni est toujours dans l'Union Européenne lors de la rédaction de ce document) incite à reméandrer (figure 19) les rivières, construire des zones humides, reconnecter les rivières à leurs bras secondaires ... Ceci permet d'absorber une partie de l'eau en excès et donc d'augmenter la capacité naturelle de stockage du milieu ce qui limite le risque d'inondation. En plus de limiter les pics de crue, ceci permet de limiter les effets liés à la sécheresse tout en favorisant les populations florales et faunistiques. C'est cette approche qui a été utilisée à Derby comme expliqué précédemment.



Figure 19 Exemple de re-méandrisation de rivière, Source: Bluegreencities.ac.uk

➤ Créer des zones de rétention

Une autre approche est celle développée lors de la présentation de ce qui a été fait à Longbenton et Killingworth précédemment. Cette méthode passe par la création de lacs artificiels, de réservoirs ou d'étangs (figure 20). Comme vu précédemment, ces espaces auront pour but de stocker les eaux en excès afin de « retirer » ce volume à la rivière et donc de réduire l'impact des crues.

Dans les villes, la densité en population ou en activité peut être importante rendant chaque espace important. Cet inconvénient peut décourager les villes d'utiliser ce type d'infrastructure. Cependant, pour ne pas perdre d'espace, les villes peuvent leur donner d'autres fonctions. Ces zones de rétention peuvent servir de parking, de parcs, de terrain de jeu ... et stocker les excédents en eau lors des phénomènes extrêmes. La capacité de stockage variera en fonction des dimensions du réservoir.



Figure 20 Exemple d'étang de stockage à Garshake, source : geograph.org.uk

➤ Limiter l'imperméabilisation des sols

Afin de limiter le ruissellement des eaux de pluie, il faut faciliter l'infiltration des eaux dans les sols, or, les surfaces bétonnées ou goudronnées ne permettent pas d'infiltrer. Il existe plusieurs mécanismes comme les parkings perméables, les toits végétalisés ou encore limiter l'imperméabilisation des quartiers pour augmenter cette infiltration.

Parkings perméables

Au Royaume-Uni comme ailleurs en occident, les villes se sont développées en favorisant la voiture. Ainsi, il a fallu construire de très nombreux parking dont le revêtement ne permet pas l'absorption des eaux de pluie. En conséquence, celle-ci vont favoriser le ruissellement des eaux de pluie, favoriser le phénomène d'îlot de chaleur ou encore concentrer les pollutions. Pour limiter ces effets, une solution est d'utiliser des parkings drainant qui vont diminuer le coefficient de ruissellement de surface ce qui aura pour effet de limiter les inondations liées au ruissellement. Elles favorisent l'absorption d'une partie de la pluie dans le sol ce qui limite également le ruissellement après la pluie.

Il existe plusieurs types de parkings perméables, ceux faits à partir de minéraux, ceux réalisés à partir de pavés, de gazons ou de différentes mousses. Ce choix se fait en fonction de la fréquence d'utilisation des places de parking, de la limitation de ruissellement souhaité ou encore

des coûts liés à l'installation. L'entreprise française Ecovegetal a réalisée des expériences pour définir l'abattement annuel des précipitations. D'après eux, pour des précipitations moyennes de 580mm, 390mm atteindront le réseau avec un parking écovégétal poreux minéral, 220mm avec un parking écovégétal en mousse et 110 mm avec le modèle Ecovegetal Green. Ce type de système peut également être utilisé pour la construction de routes comme sur la figure 21.



Figure 21 Parking perméable à Hertfordshire construit par Sustainable Parking Surfaces LTD, Source: Entreprise

Toits végétalisés

En ville, les bâtiments possèdent un toit en totalement imperméable en divers matériaux, souvent de couleur sombre. Ces toits présentent les inconvénients de chauffer à cause de l'irradiation du soleil en été et d'être totalement imperméable à la pluie. La végétalisation des toits permet de résoudre en partie ces phénomènes en isolant le bâtiment ce qui permet de réduire la facture énergétique de celui-ci. La quantité d'eau absorbée dépendra du type d'installation et de la capacité physique du bâtiment. Cependant, d'après l'entreprise française Le Prieuré, une toiture végétalisée classique est capable d'intercepter 60% des précipitations jusqu'à débordement. Certains modèles peuvent même atteindre jusqu'à 100% d'interception et permettre une restitution de 8 à 15 après le début des pluies permettant de réduire le volume d'eau rejeté dans le réseau. Il existe 2 types de toits végétalisés, les intensifs qui sont de véritables parcs avec des bancs, des chemins de marche et des arbustes et les extensifs comme sur la figure 22 avec de la végétation herbacée. Cette eau est filtrée par les plantes avant de retourner dans la nature grâce à l'évapotranspiration.



Figure 22 Toit végétalisé de l'hôtel Orchard à Nottingham, Source: bluegreencities.ac.uk

Rues « vertes »

Un exemple de rue « verte » est celle réalisée sur la route Alma située à Ponders End dans la banlieue de Londres. Cette zone a été coupée de sa rivière naturelle suite à la construction d'une ligne de chemin de fer exacerbant le risque d'inondation. Pour limiter le ruissellement des eaux, particulièrement le long des routes, il a été décidé de créer différents espaces verts afin de soulager le système de drainage de la ville. En plus de limiter les ruissellements, cette technique présente l'avantage de diminuer la vitesse des automobilistes en réduisant la largeur de la chaussée (cf figure 23) et donc d'améliorer la sécurité le long de la route. 5 espaces verts ont été construits le long de la route, chacun drainant environ 200m² de surface soit un total de 1000m². Ils sont conçus de manière à absorber les précipitations extrêmes d'une durée de 6 heures ayant un temps de retour d'un an pour le plus petit et cinquantennale pour le plus grand.



Figure 23 Alma Road avant (image de gauche) et après (à droite) les travaux, Source: susdrain.org

Il existe également d'autres solutions comme la végétalisation des toits des arrêts de bus, des voies de tramway ou du toit de certains bâtiments. Leur efficacité pour la gestion de l'eau est limitée mais présente l'avantage de verdir les villes. De plus, il n'existe pas de modèle unique pour la gestion des eaux. Le plus important est d'avoir une stratégie globale à l'échelle de la ville pour permettre l'infiltration des eaux, en verdissant les rues, en végétalisant les parcs ...

Les aménagements proposés sont tous issus de la TVB, il faut cependant un savoir-faire technique important pour pouvoir les maîtriser en œuvres correctement afin de ne pas aggraver les phénomènes pluvieux. De plus, il faut prendre en compte la sécurité des lieux pour éviter les accidents. Il apparaît souhaitable qu'une stratégie commune sur l'échelle d'un bassin versant soit écrite pour ne pas que les installations réalisées dans une municipalité puissent avoir des effets néfastes sur sa voisine. Je pense donc que pour réduire le ruissellement dans les zones urbanisées il faut une politique globale cumulant les aménagements avec des toits végétalisés, des rues vertes, des parkings perméables et pas uniquement se concentrer sur une seule technique. La restauration des zones humides et des zones d'expansion de crue si rivière il y a est obligatoire pour pouvoir stocker une grande quantité d'eau. Au vu de l'ampleur de la tâche, il faut que chaque travaux d'aménagement et de voirie prennent en compte dès maintenant ces objectifs pour adapter la ville au changement climatique.

3. La mise en place de la TVB

La mise en place des infrastructures liées à la trame verte et bleue nécessite de comprendre le fonctionnement et le travail des acteurs de la gestion de l'eau et des inondations au Royaume-Uni. Il faudra aussi comprendre comment une municipalité peut choisir un endroit pour installer ces aménagements sur des terrains aussi bien publics que privés. Enfin, une étude réalisée par la Defra en 2011 donnera l'avis des décideurs sur les avantages et les obstacles à la construction de la TVB.

3.1. Les acteurs

Pour comprendre comment la trame verte et bleue peut être mise en place, il convient d'étudier le fonctionnement et le travail de l'ensemble des acteurs concernés au Royaume – Uni. Il faut savoir qu'il n'y a pas d'organe unique chargé de gérer le risque inondation au Royaume unique en raison du rôle joué par les administrations décentralisées en Ecosse, en Irlande du Nord et au Pays de Galles. En raison de ce fonctionnement le système de l'Angleterre sera le plus détaillé. Dans la mesure du possible, l'exemple de Derby sera utilisé pour illustrer cette présentation. Enfin, les systèmes nord Irlandais, gallois et écossais seront présentés brièvement.

3.1.1. Angleterre et Pays de Galle

➤ Le Gouvernement

Pour la gestion des inondations, le ministère chargé de travailler sur ce sujet au sein du gouvernement anglais est « *The Department for Environment, Food and Rural Affairs* » (Defra). La création ou la mise à jour des directives et des lois se fait en coordination avec d'autres acteurs comme le Trésor ou le Cabinet du Premier ministre. Ces politiques nationales sont ensuite mises en œuvre par les autorités de gestion et d'évaluation des risques « *Assessment Management Authorities* » – RMA) que sont :

- Agence Environnementale « *Environment Agency* » AE
- Autorités locales responsables des inondations « *Lead Local Flood Authorities* » LLFA
- Conseil de quartier et de district « *District and Borough Councils* »
- Autorités de protection côtières « *Coast protection authorities* »
- Compagnie des eaux et d'assainissement
- Conseil de bassin « *Internal Drainage Boards* » IDB
- Autorités des routes « *Highway authorities* »

Les autorités routières, les compagnies des eaux et de l'assainissement et les autres industries ne jouent cependant pas un rôle majeur pour la TVB.

La Loi de gestion des eaux et des inondations de 2010 « *Flood and Water Management Act* » impose aux RMAs de travailler en collaboration, d'échanger leurs informations et de manière conforme aux différentes stratégies nationales.

➤ L'Agence Environnementale

C'est elle qui étudie et caractérise les sources d'inondations et l'érosion côtière dans le pays. Elle est responsable des activités de gestion du risque inondation et d'érosion sur les principaux fleuves et sur la côte. Elle travaille également avec le Met Office et les services de bassin pour

prévenir le risque. Enfin, c'est elle qui propose des solutions pour améliorer la qualité des habitats pour la faune et la flore. Ses tâches incluent :

- L'élaboration et l'application de la stratégie nationale de la gestion des risques d'inondation et d'érosion côtière
- L'allocation de fonds gouvernementaux pour les différents projets
- La réalisation des projets de gestion des inondations pour les principaux fleuves et pour les côtes
- Le travail avec les autres acteurs pour créer et mettre en œuvre les plans de gestion des risques d'inondation
- La création et le partage de ses données et de ses outils aux autres acteurs, donner des conseils sur les questions de planification et de développement
- La surveillance et rapport sur la gestion des risques d'inondation et d'érosion côtière

➤ **Autorités locales responsables des inondations**

Leur rôle est de premier plan, ce sont elles qui sont chargées de mener la gestion locale des risques en coopérant avec les RMAs. La loi de 2010 leur donne les tâches suivantes :

- Préparer et appliquer une stratégie de gestion locale du risque inondation en coordination avec les autres organes locaux et ses habitants à travers des consultations et des contrôles. Elles doivent consulter les RMAs et ses habitants
- Réaliser des travaux pour gérer les risques d'inondations dans leurs territoires
- Tenir un registre des caractéristiques physiques ayant un impact sur les inondations dans leur zone
- Enquêter sur l'historique des importantes inondations et publier les résultats
- Conformément à la loi des sols de 1991, elles sont habilitées à réglementer les cours d'eau afin de maintenir un débit approprié en faisant respecter les obligations de maintien de débit, en imposant la réparation des cours d'eau, et de toutes autres structures liées et en émettant des autorisations pour la modification, l'enlèvement ou le remplacement de certaines structures ou caractéristiques des cours d'eau
- Fournir des conseils techniques sur le drainage des eaux de surface aux autorités responsables de la planification urbaine
- Travailler avec les autres RMAs
- Jouer un rôle de premier plan en cas de situations d'urgence pour pouvoir la contrôler et en réduire ses conséquences

➤ **« District and Borough Councils »**

Ces acteurs sont les derniers échelons géographiques, ce sont les plus proches du territoire. Ils ont donc un rôle clé. Leurs tâches se résument à :

- la réalisation de travaux de gestion des risques d'inondation sur les cours d'eau mineurs
- Travailler en coordination avec les LLFAs et les autres autorités pour prendre des décisions relatives au développement de leurs zones tout en maintenant une gestion efficace des risques

➤ **« Internal Drainage Boards »**

Chaque IDB possède son propre bassin versant et joue un rôle important dans la gestion des inondations et la création et la gestion des espaces naturels. Ces membres sont composés de personnalités représentatives du territoire élus et par des membres issus des autorités locales ou représentant le public ou d'autres groupes d'intérêts. Leurs fonctions sont définies par la loi du sol de 1991 et sont les suivantes :

- Superviser le drainage des sols et le fonctionnement des infrastructures de défense sur les cours d'eau ordinaires
- Gérer les niveaux des cours d'eau et des eaux souterraines en gérant les cours d'eau, les canaux de drainages et les stations de pompage
- Encourager et lever des fonds

3.1.2. Cas de la ville de Derby

Pour proposer la création d'une TVB, il faut connaître les mécanismes et les rôles des différents acteurs. Ceux-ci ont été présentés dans la partie précédente. L'étude de cas concernant la ville de Derby sert ici d'exemple pour la création d'une carte des acteurs.

Au sein de la ville de Derby l'autorité locale responsable des inondations et le conseil de la ville. Pour cette raison il n'existe pas d'échelon inférieur à celle-ci. De plus, l'écriture du masterplan s'est faite en collaboration avec l'Agence Environnementale et l'ensemble des acteurs du territoire de la ville de Derby. C'est dans ce document que les modalités de création des infrastructures vertes bleues sont définies. Le schéma ci-dessous (figure 24) illustre la hiérarchie des acteurs de ce projet.

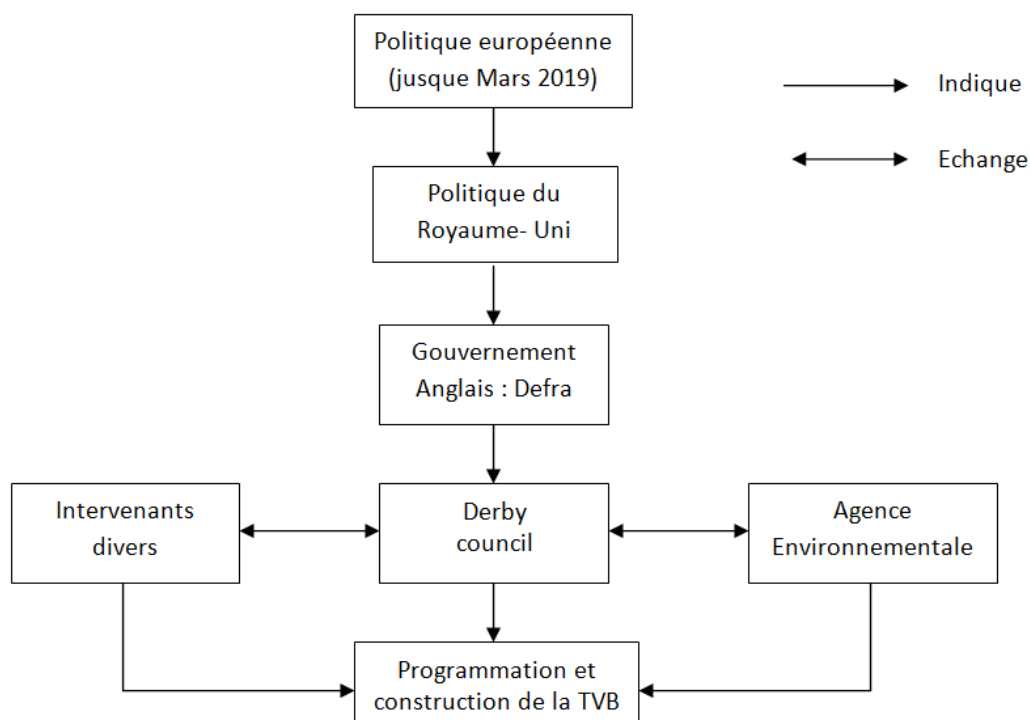


Figure 24 Schémas d'acteurs pour la création d'une TVB, Exemple de Derby, Source: Florian MIROLO

3.1.3. Cas de l'Irlande du Nord et de l'Ecosse

En Irlande du Nord, c'est l'Agence des rivières « *The Rivers Agency* » sous la tutelle du Département de l'agriculture et du développement rural qui joue un rôle de leader dans la gestion des risques inondation. Son approche stratégique a été publiée en 2008 dans le document « *Living with Rivers and the Sea* ». C'est une directive cadre de la gestion du risque d'inondation d'une durée de 10 ans (le nouveau document n'a pas encore été publié).

En Ecosse l'organisme le plus important est l'Agence Ecosaise de Protection de l'Environnement « *Scottish Environment Protection Agency* » SEPA. Il est chargé de collecter et de délivrer les informations liées à la gestion du risque inondation. Pour répondre à ces objectifs, l'agence est en étroite collaboration avec le gouvernement écossais, les autorités locales et la compagnie des eaux écossaise « *Scottish Water* » et le « *Scottish Naturel Heritage* » qui est l'organisme chargé de la protection des milieux naturels. Le document cadre de gestion des inondations est « *the Flood Risk Management Act* » publié en 2009.

3.2. L'appropriation foncière

Pour réaliser ses aménagements, les décideurs ont besoin d'espace. Dans ce cas il existe 2 cas de figures. Dans le premier des cas, il s'agit de terrains appartenant déjà à la collectivité et il suffira de réaliser les travaux conformément à la loi anglaise. Dans l'autre cas, cet espace appartient à une personne ou à une entreprise et il va falloir le récupérer. Cette condition peut être un frein pour de nombreux projets. Le schéma figure 25 illustre les différentes modalités.

Lorsque l'autorité locale veut récupérer un terrain, il existe 3 cas de figure : l'achat, la négociation et l'expropriation. L'achat de terrains coûte cher surtout en ville en raison de la pression foncière, dans le cas où l'autorité a les moyens financiers pour l'acquérir, elle devra se conformer aux modalités écrites dans l'« *Acquisition of Land Act* » publié en 1981 et dont une nouvelle version sera officialisée en 2019. Dans un premier temps elle doit publier dans les journaux locaux son intention puis devra envoyer aux occupants concernés une note. Si ces personnes sont d'accord alors la vente pourra être réalisée. Dans le cas où le propriétaire ne consent pas à vendre sa propriété, le « *city council* » pourra l'exproprier conformément aux modalités du « *Planning and Compulsory Purchase Act* » 2004. Il devra prouver que l'acquisition de ce bien est au bénéfice commun par exemple à travers une réduction du risque inondation ou une amélioration de la qualité de vie grâce à une TVB ou une future. Le dédommagement de son propriétaire devra respecter la section 7 du « *Compulsory Purchase Act* » de 1965 et l'« *Acquisition of Land Act* » 1981.

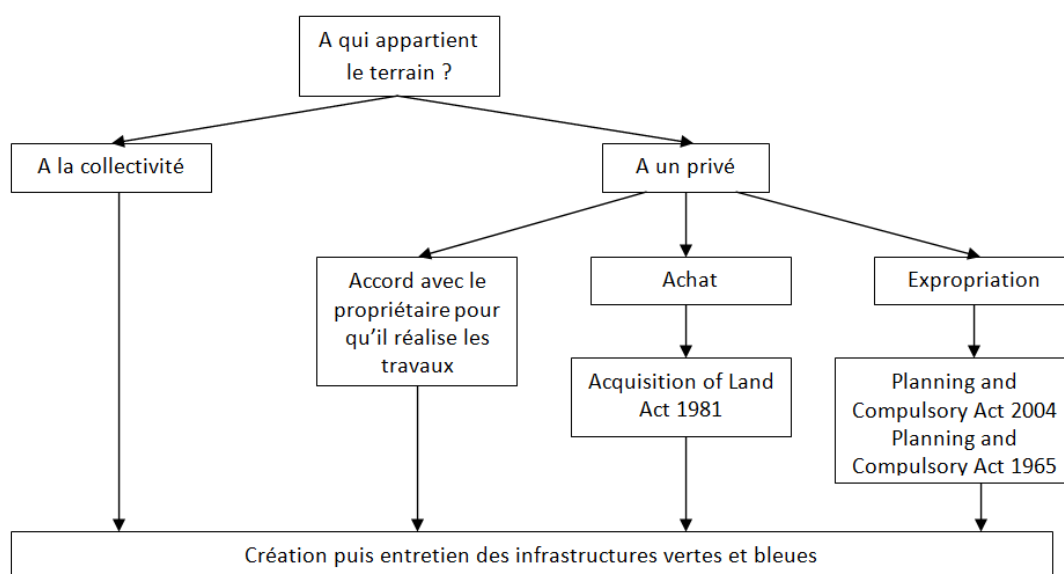


Figure 25 Schéma représentant les différentes modalités d'acquisition d'un terrain en Angleterre et les textes liés, Source: Florian MIROLO

3.3. La vision des décideurs

Afin de comprendre comment et pourquoi les aménagements liés aux trames vertes et bleues sont réalisés ... ou non, la Defra a publié en 2011 une étude présentant la perception des preneurs de décision à ce sujet. Cette étude est importante notamment pour pouvoir comprendre les politiques en Angleterre. Les personnes interrogées étaient issues des autorités locales, de l'Agence Environnementale, de groupes de citoyens locaux ou d'organisations gouvernementales. Cette partie se divisera en 2, la première exprimant les bénéfices liés à la trame bleue et la seconde concernera ses inconvénients.

3.3.1. Les bénéfices

Comme expliqué dans la partie 2.1 de ce PFE, l'aménagement des trames bleues en milieu urbain apporte de nombreux bénéfices pour les personnes. Cette consultation demandait aux preneurs de décision d'identifier les bénéfices qu'ils considéraient comme étant les plus importants pour développer les trames bleues. Les résultats sont présentés sur la figure 26.

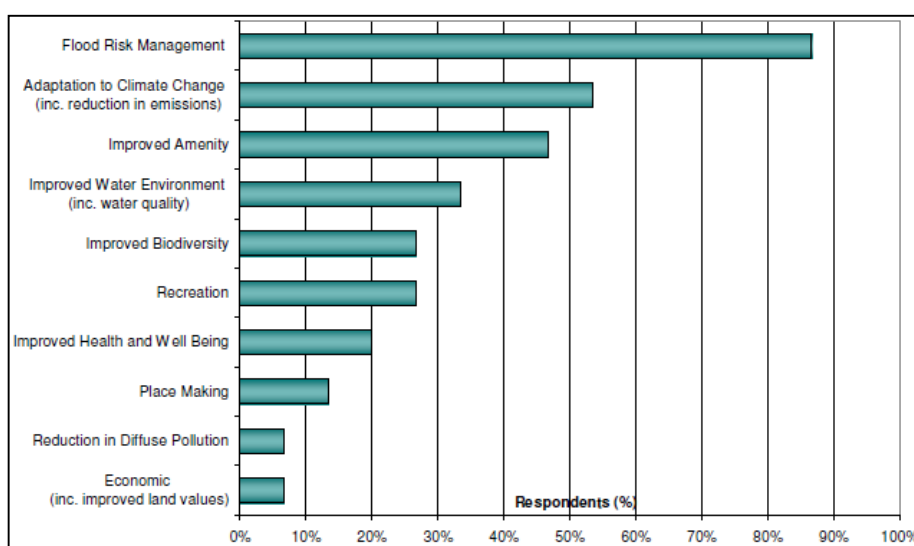


Figure 26 Bénéfices perçus du développement en ville de la trame bleue Source : Defra

Le 1^e facteur perçu est son utilité pour la gestion du risque d'inondation avec plus de 85% de votants. Le 2^e paramètre est la participation de la trame bleue pour adapter la ville au changement climatique avec 52% des répondants d'accord avec cette proposition. Viens ensuite l'amélioration du charme de la ville grâce à ses zones plus vertes pour 47% des personnes interrogées.

Pour conclure, il apparaît clair que le principal avantage pour les décideurs est celui de réduire le risque d'inondation dans une commune tout en l'adaptant aux changements climatiques. Il faudrait donc améliorer leurs connaissances sur les autres impacts de cette technique, par exemple d'un point de vue récréatif ou de bien être des habitants. En liant la politique de gestion des inondations à celle du bien être des populations cela permettrait de faire des économies tout en ouvrant l'esprit des habitants à ce risque.

3.3.2. Les barrières

La consultation s'est faite sur le même principe que précédemment. Celle-ci cherchait à comprendre les paramètres étant considérées comme une barrière aux décideurs pour la mise en œuvre d'une trame bleue en zone urbaine. Les résultats sont présentés sur la figure 27.

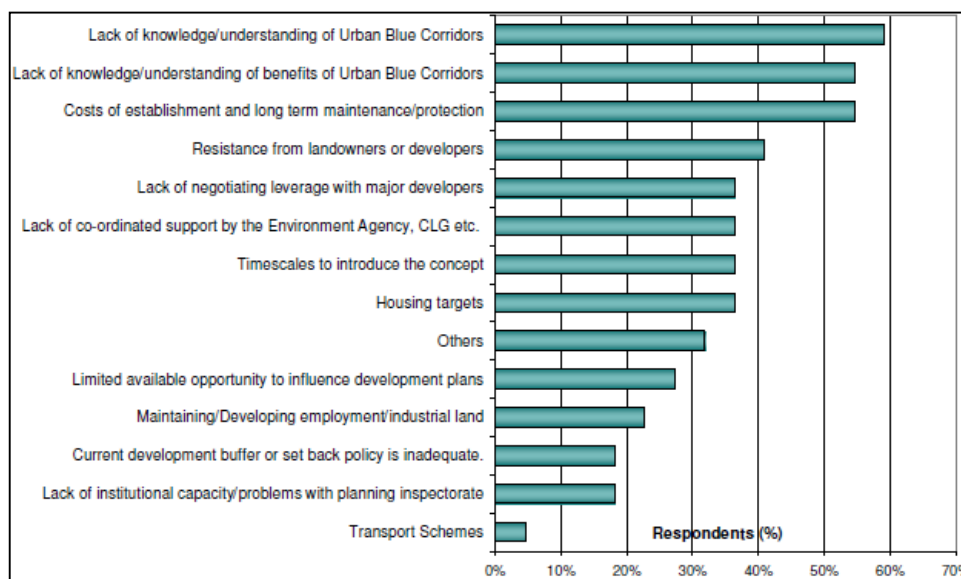


Figure 27 Les barrières perçues pour le développement de la trame bleue en zone urbaine Source : Defra

Il apparaît que les principales barrières sont liées à un manque de connaissance et de compréhension sur cette thématique, l'absence et le manque de connaissance et de compréhension des bénéfices liés à ces installations et les coûts liés à leurs établissements, leurs maintenances et leurs protections pour plus de la moitié des personnes interrogées. Il apparaît donc nécessaire qu'une opération d'information des décideurs soit organisé par la Defra et le gouvernement britannique afin d'écrire des guides explicatifs et des guides de bonne gestion. En effet, elles paraissent trop liées à la gestion du risque inondation ou à la trame verte et bleue. De plus, au moment de la réalisation de cette étude, il n'existait pas encore de véritable retour d'expérience de la part des organismes ayant déjà ce type d'infrastructure. Il existe également des craintes liées au manque de levier de négociation juridique ou monétaire pour mettre en place cette trame bleue vis-à-vis des propriétaires ou des acteurs liés au développement des territoires.

En conclusion, il apparaît clair qu'il existe un besoin de création d'un guide présentant le concept, les bénéfices, les inconvénients et les coûts de cette technique pour les aménageurs anglais. Ceci leur permettrait de pouvoir argumenter lors des négociations pour en installer et d'avoir plus de poids vis-à-vis des opposants à ces projets. Le système étant beaucoup plus décentralisé qu'en France, beaucoup de décisions se prennent à l'échelle locale, ce fonctionnement peut conduire à des incohérences structurelles et laisser des projets à la merci d'échéances électorales ou de conflits entre les décideurs de plusieurs communes. Une gestion intégrée à l'échelle d'un bassin versant me paraît être une solution plus efficace.

Conclusion

Au Royaume – Uni, l'aménagement des territoires prend en compte la lutte contre le réchauffement climatique afin de limiter ses effets et d'augmenter la résilience au fur et à mesure des publications des nouveaux documents d'urbanisme.

L'étude des prédictions du MetOffice et du rapport du GIEC publié en 2014 estiment que le royaume sera soumis à une augmentation du risque d'inondation et de phénomènes extrêmes. Cette évolution concernera les 4 types majeurs d'inondations, celles par ruissellements, celles issues du débordement des rivières, des remontées de nappes ou côtières. Certaines zones du pays seront particulièrement vulnérables notamment la ville de Londres ou la zone sud de l'Angleterre. Alors que le pays connaît déjà une importante proportion de bâtiment en zone inondable et que les inondations des hivers 2012 et 2014 ont affecté une importante partie du royaume, l'augmentation de la population va renforcer cet aléa. Ce sont pour toutes ces raisons que le système de protection du pays doit être revu pour être adapté au futur. L'utilisation des trames vertes et bleues est une solution pouvant être utilisée.

La TVB présente de multiples avantages, en plus d'aider à prévenir et à gérer les phénomènes extrêmes, elles participent à la réduction des phénomènes d'îlots de chaleur, aide à améliorer la qualité de la vie, limite la pollution et participe à donner une bonne image d'un territoire. Elle n'est également pas chère puisque ces espaces peuvent avoir plusieurs fonctionnalités en devenant par exemple des parcs ou des aires récréatives. Cependant, l'étude des aménagements programmés à Derby et réalisés à Killingworth et Longbenton montrent que bien qu'il existe une volonté d'utiliser la TVB, il reste difficile de travailler uniquement avec ce type d'aménagement. Cela peut être en raison des coûts qui lui sont associés notamment pour l'acquisition des terrains que pour des raisons techniques principalement en ville. Dans une zone péri-urbaine avec de la place comme à proximité de Newcastle, cette solution semble cependant marcher. Il apparaît donc qu'aujourd'hui, les TVB sont surtout utilisés en guise de complément par rapport aux moyens de défense plus « classiques ».

Les différentes lois et stratégies européennes, britanniques et nationales prennent bien en compte le réchauffement climatique et les risques qui lui sont associés et promeuvent l'utilisation des TVB, notamment dans l'objectif d'améliorer la qualité des habitats pour la faune et la flore. Cependant, il n'existe pas de réelle entité de contrôle et de conseil ou permettant de centraliser les retours d'expérience. Ce manque d'information est perçu comme un obstacle à l'établissement de la TVB avant même les problèmes liés au foncier malgré une vision positive des décideurs et de l'utilité constatée par eux-mêmes. De plus, le Royaume-Uni étant très décentralisé ce type de décision est prise à l'échelon local et avec le conseil de l'Agence Environnementale en Angleterre. Cette organisation peut interroger sur la capacité à organiser cette trame de manière cohérente et jointe entre les différentes localités.

La sortie de l'Union Européenne du Royaume – Uni a déjà un impact sur la politique britannique de l'eau et des inondations, en effet les documents publiés entre 2008 et 2010 et devant être renouvelés en 2018-2019 n'ont toujours pas été publiés rendant une partie du présent rapport obsolète à la sortie de ses textes. Dans un travail futur, il pourra être intéressant d'étudier en

profondeur ses nouvelles lois afin de discuter des évolutions de la politique et du droit britannique par rapport aux anciens documents et d'observer la divergence des décisions avec celles prises dans l'Union Européenne. De plus, il semble pertinent de se demander si les politiques actuels seront suffisantes pour protéger les biens et personnes ou s'il faudra un plan encore plus ambitieux.

Bibliographie

Benedict, M.A, (2006), "Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century", Sprawl Watch ClearingHouse, 225

Defra (2011), "FD2619 *Developing Urban Blue Corridors Scoping Study Scoping Study*"

Derby City Council, (2012), "Our City Our River *unlocking Economic Potential along the Lower Derwent Masterplan*"

Ecovegetal.com : Solutions pour la gestion des eaux pluviales [En ligne]. Disponible sur <https://www.ecovegetal.com/multimedia/pdf/290716135636.pdf?1546534892> [Accès le 3 Janvier 2019]

ECRR.org: How does river restoration reduce flood risk? [En ligne]. Disponible sur <http://www.ecrr.org/RiverRestoration/Floodriskmanagement/tabid/2615/Default.aspx> [Accès le 4 Janvier 2019]

Greenblue.com: The implementation of Blue Green Corridors [En ligne]. Disponible sur <https://www.greenblue.com/gb/implementation-blue-green-corridors/> [Accès le 28 Décembre 2018]

Gov.uk: Land Compensation Manual Section 3: Effect of the acquisition on claimant's retained land [En ligne]. Disponible sur <https://www.gov.uk/guidance/land-compensation-manual-section-3-effect-of-the-acquisition-on-claimant-s-retained-land/part-1-severance-and-injurious-affectation> [Accès le 08 Janvier 2019]

Hansen, R., Rall, E., Chapman, E., Rolf, W., Pauleit, S. (2017). "Urban Green Infrastructure Planning: A Guide for Practitioners. GREEN SURGE" [En ligne], Disponible sur <http://greensurge.eu/working-packages/wp5/>

Howstuffworks: What is a Green Roof? [En ligne]. Disponible sur <https://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/green-rooftop1.htm> [Accès le 4 Janvier 2019]

Institute for Water Resource (2011), "Flood Risk Management Approaches As Being Practiced in Japan, Netherlands, United Kingdom and United States" [En Ligne]. Disponible sur <https://www.iwr.usace.army.mil/Portals/70/docs/iwrreports/2011-R-08.pdf>

Lawson, E. (2014). "Managing Urban Flood Risk: the Blue-Green Approach" [Diaporama], [En ligne]. Disponible sur <http://www.bluegreencities.ac.uk/documents/publicsciencelecture-dec2014-bgc.pdf>

Legislation.gov.uk: Acquisition of Land Act 1981 [En ligne]. Disponible sur <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/1981/67/contents> [Accès le 09 Janvier 2019]

Legislation.gov.uk: Flood and Water Management Act 2001 [En ligne]. Disponible sur <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2010/29/contents> [Accès le 15 Novembre 2018]

Legislation.gov.uk: Planning and Compulsory Purchase Act 2004 part 8 Compulsory Purchase [En ligne]. Disponible sur <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2004/5/part/8> [Accès le 09 Janvier 2019]

MetOffice, (2011). « Climate : Observations, projections and impacts : United Kingdom »

MetOffice : Watnall climate [En ligne]. Disponible sur <https://www.metoffice.gov.uk/public/weather/climate/gcrje93b8> [Accès le 27 Décembre 2018]

Sayers, P.B, Horritt, M.S, Penning-Rowsell, E. (2015), "Climate Change Risk Assessment 2017 Projections of future flood risk in the UK", [En ligne]. Disponible sur <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2015/10/CCRA-Future-Flooding-Main-Report-Final-06Oct2015.pdf.pdf>

Susdrain.org : Alma Road Rain Gardens, London [En ligne]. Disponible sur https://www.susdrain.org/case-studies/pdfs/alma_road_rain_gardens_london_final_v2.pdf [Accès le 31 décembre 2018]

Sustainable Parking Surface LTD: Bury Lane Farm Shop and Garden Centre – Hertfordshire [En ligne]. Disponible sur <https://www.sustainableparking.co.uk/sustainable-parking-surfaces-and-paving-case-studies/269-bury-lane> [Accès le 2 Janvier 2019]

Thorne, C. (2014), "*Geographies of UK flooding in 2013/4*", The Geographical Journal, Vol. **180**, No. 4, December 2014, pp. 297-309, doi: 10.1111/geoj.12122

Table des illustrations

Figures

Figure 1 Carte représentant la probabilité d'une inondation en Angleterre, Source : <i>Environment Agency</i>	3
Figure 2 Comparaison de la pluviométrie de Janvier 2014 par rapport aux précipitations normales, Source <i>MetOffice</i>	5
Figure 3 Infrastructures de défenses endommagées lors de l'hiver 2013- 2014 en Angleterre, Source <i>Environment Agency</i>	5
Figure 4 Niveau des nappes phréatiques à l'issu de l'hiver 2013/2014, Source <i>NERC</i>	6
Figure 5 Modification des précipitations du jour le plus humide de l'hiver (en haut) et de l'été (en bas) avec une probabilité de 10, 50 et 90% d'ici à 2080 selon le scénario moyen d'émissions de gaz à effet de serre. Source Murphy et al. (2009).....	8
Figure 6 Boîte à moustache représentant la variation en pourcentage du risque annuel moyen d'inondation au Royaume-Uni, sur quatre horizons temporels. Les graphiques montrent les 25e, 50e et 75e centiles, Source : <i>Met Office</i>	9
Figure 7 Evolution de la population au Royaume Uni entre 2012 et 2086, Source: ONS.....	10
Figure 8 Localisation du district, Source Wikipédia	15
Figure 9 Carte des aménagements à Longbenton et Killingworth, source <i>Susdrain.org</i>	16
Figure 10 Bassin de rétention du lycée de Longbenton, Source: <i>Susdrain.org</i>	17
Figure 11 Exemple d'aménagements éducatifs construits à Killingworth, Exemple <i>Susdrain.org</i>	17
Figure 12 Localisation de Derby au Royaume Uni, Source: <i>ontheworldmap.com</i>	18
Figure 13 Données climatologiques moyenne de Watnall (1981 - 2010), Source <i>Met Office</i> , Infographie Florian MIROLO	19
Figure 14 Zones concernées par le master plan, Source et Infographie: « <i>Our City Our River Derby masterplan</i> »	20
Figure 15 Zones inondées à Derby en cas d'inondation centennale Source : « <i>Our City Our River Derby masterplan</i> »	21
Figure 16 Aménagements prévus au moulin de Darley, Source: « <i>Our City Our River Derby masterplan</i> ».....	22
Figure 17 Aménagements prévus à proximité du terrain de jeu et du parc, Source: « <i>Our city Our River Derby masterplan</i> »	23
Figure 18 Légende des schémas d'aménagement du masterplan Source: « <i>Our City Our River Derby masterplan</i> »	24
Figure 19 Exemple de re-méandrisation de rivière, Source: <i>Bluegreencities.ac.uk</i>	25
Figure 20 Exemple d'étang de stockage à Garshake, source : <i>geograph.org.uk</i>	26
Figure 21 Parking perméable à Hertfordshire construit par Sustainable Parking Surfaces LTD, Source: Entreprise	27
Figure 22 Toit végétalisé de l'hôtel Orchard à Nottingham, Source: <i>bluegreencities.ac.uk</i> .	27
Figure 23 Alma Road avant (image de gauche) et après (à droite) les travaux, Source: <i>susdrain.org</i>	28
Figure 24 Schémas d'acteurs pour la création d'une TVB, Exemple de Derby, Source: Florian MIROLO	31
Figure 25 Schéma représentant les différentes modalités d'acquisition d'un terrain en Angleterre et les textes liés, Source: Florian MIROLO	32
Figure 26 Bénéfices perçus du développement en ville de la trame bleue Source : Defra ...	33

Figure 27 Les barrières perçues pour le développement de la trame bleue en zone urbaine	
Source : Defra.....	34

Tableaux

Tableau 1 Evolution estimée de la fréquence des inondations par remontée de nappe en Angleterre, Source: Rapport du Giec 2014.....	9
--	---

Table des matières

1.	Le risque inondation au Royaume Uni	2
1.1.	Concepts clés et définitions.....	2
1.2.	Le risque inondation au Royaume Uni	3
1.2.1.	La nature du risque inondation.....	3
1.2.2.	Etude des crues de l'hiver 2013/2014	4
1.3.	Le Réchauffement climatique, quelles conséquences ?.....	7
1.3.1.	Le réchauffement climatique.....	7
1.3.2.	Les conséquences	7
1.4.	Démographie du Royaume - Uni	10
2.	Utilisation de la trame verte et bleue au Royaume – Uni	12
2.1.	La trame verte et bleue	12
2.1.1.	Définition	12
2.1.2.	Utilité	13
2.1.3.	Contexte réglementaire	13
2.2.	Les techniques actuelles.....	15
2.2.1.	Kilingworth et Longbenton	15
2.2.2.	Cas de Derby	18
2.3.	Exemples d'infrastructures vertes et bleues	25
3.	La mise en place de la TVB	29
3.1.	Les acteurs.....	29
3.1.1.	Angleterre et Pays de Galle.....	29
3.1.2.	Cas de la ville de Derby	31
3.1.3.	Cas de l'Irlande du Nord et de l'Ecosse.....	31
3.2.	L'appropriation foncière	32
3.3.	La vision des décideurs.....	33
3.3.1.	Les bénéfices.....	33
3.3.2.	Les barrières.....	34

Directeur de recherche :

Vincent Rotgé

Florian Mirolo

PFE/DAE5

IMA

2018-2019

Utilisation de la trame verte et bleue pour la prévention et la gestion des inondations au Royaume-Uni

Résumé : En raison du réchauffement climatique, le Royaume-Uni devra faire face à des phénomènes météorologiques extrêmes. Aujourd'hui, 1/6 des bâtiments du pays sont situés en zone inondable et cette proportion augmentera avec l'augmentation de la population d'ici à la fin du siècle. Il apparaît donc nécessaire d'établir une nouvelle méthode de prévention et de gestion de ce risque. L'utilisation de la trame verte et bleue offre une opportunité pour les collectivités en raison de son caractère novateur et de ses avantages multiples. L'étude des aménagements réalisés dans la banlieue de Newcastle et prévus à Derby prouve que ces aménagements sont difficiles à établir dans les aires à forte densité en population en raison de la difficulté à trouver des terrains ou à les acheter mais offre de multiples possibilités dans les zones moins denses. Il existe également de nombreuses possibilités d'infrastructures et une multiplicité des avantages associés. Malgré les difficultés financières, la TVB est considérée aujourd'hui comme un outil complémentaire efficace pour la gestion des inondations. Enfin, il n'existe pas d'organismes ou de textes contraignant pour accélérer la mise en place des infrastructures vertes et bleues ou pour offrir un rôle décisif de conseil, point noir selon les décideurs locaux. A l'avenir, il conviendra d'étudier les documents cadres de la loi sur l'eau des différentes nations du Royaume-Uni qui doivent bientôt être publiés. Il faudra également observer si le Brexit a un effet sur les TVB.

Mots Clés : Trame verte et bleue, Inondation, Royaume-Uni, Derby, Changement climatique, Gestion, Prévention, Aménagement