
DIRECTIVE 2007/60/CE – CYCLE 2

Evaluation Préliminaire des Risques d’Inondation

Version du 22 décembre 2018

Groupe Transversal Inondations

Acronymes

AGIRaCAD	Appui à la gestion des risques d'inondation par ruissellement en zones rurales.
AMICE	Adaptation of the Meuse to the Impacts of Climate Evolution
APSFR	Area of Potential Significant Flood Risks – Zone à risque potentiel significatif d'inondation
CIE	Commission Internationale de l'Escaut
CIM	Commission Internationale de la Meuse
CIPMS	Commission Internationale pour la Protection de la Moselle et de la Sarre
CoDT	Code du Développement Territorial
CRC	Centre Régional de Crise
DHI	District Hydrographique International
DI	Directive Inondation
ICEDD	Institut de Conseil et d'Etude en Développement Durable
PDS	Plan de secteur
PFRA - EPRI	Preliminary Flood Risk Assessment – Evaluation Préliminaire des Risques d'Inondation
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

Sommaire

Acronymes.....	3
Sommaire	5
I. Préambule	7
I.1. Directive Inondation 2007/60/CE.....	9
I.2. Premier cycle	9
I.3. Second cycle	9
I.3.1. Types d’inondation	10
I.3.2. Prise en compte du développement à long terme et du changement climatique	11
II. Evènements d’inondation historiques et futurs.....	13
II.1. Evènements historiques	15
II.1.1. Evènements historiques avec un impact significatif réel (Art 4.2 b).....	15
II.1.1.1. Evènements antérieurs à 1993.....	16
• Cas particulier : Evènement de 1925.....	21
II.1.1.2. Evènements de 1993 à 2016	23
II.1.1.3. Localisation des évènements entre 1993 et 2016.....	24
II.1.1.4. Evaluation des conséquences négatives des évènements entre 1993 et 2016	25
• Santé Humaine	26
• Environnement.....	27
• Activités économiques	29
• Patrimoine culturel.....	31
II.1.1.5. Conclusion	32
II.1.2. Evènements historiques sans impact significatif.....	33
II.2. Evènement futurs.....	34
II.2.1. Projet AMICE	34
II.2.2. Carte géologique des sols de Wallonie.....	34
II.2.3. Evaluation des conséquences négatives potentielles des inondations futures.....	35
II.2.3.1. Zones destinées à l’urbanisation	35
• Zones destinées à l’habitat.....	37
• Zones d’activités économiques	38
II.2.3.2. Zones destinées à l’agriculture.....	40
II.2.3.3. Synthèse des conséquences négatives.....	42
III. Zones à risque potentiel significatif d’inondation.....	45

III.1.	Méthodologie de détermination des APSFR	47
III.2.	Concertation transfrontalière	47
IV.	Changement climatique	49
IV.1.	Intégration du changement climatique.....	51
IV.1.1.	Le climat en Wallonie	51
IV.1.2.	Description des scénarios climatiques	52
IV.1.3.	Projections climatiques régionales.....	54
IV.1.4.	Projections hydrologiques futures pour la Wallonie (Escaut, Meuse et Rhin).....	56
IV.1.5.	HydroTrend.....	59
IV.2.	Adaptation au changement climatique.....	60
IV.2.1.	AwAC	60
IV.2.2.	Coût de l'inaction	60
	Références bibliographiques.....	61

I. PRÉAMBULE

I.1. Directive Inondation 2007/60/CE

Suite aux importantes inondations qu'a subies l'Europe entre 1998 et 2004, l'Union Européenne a décidé de mettre en place une directive dont l'objectif est de réduire les risques qu'engendrent les inondations sur la santé humaine, l'environnement, les infrastructures et les biens. La mise en place de ce cadre commun a pour objectif d'évaluer, de réduire et de mieux gérer les risques d'inondation sur le territoire de l'Union européenne.

La directive européenne 2007/60/CE, transposée dans le Code de l'Eau (articles D53.1 à D53.11), est mise en œuvre sur des cycles de 6 ans. Cette directive, dite Directive Inondation (DI), fixe les dispositions relatives à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation ainsi que les échéances pour le cycle 2 à venir :

- Evaluation préliminaire des risques d'inondation 22 décembre 2018
- Cartographie des zones inondables et des risques d'inondation 22 décembre 2019
- Plan de gestion des risques d'inondation 22 décembre 2021

I.2. Premier cycle

Lors du premier cycle de mise en œuvre de la Directive Inondation, en 2012, la Région wallonne a choisi de faire appliquer l'article 13 portant sur les mesures transitoires. Cet article permettait aux Etats membres de ne pas procéder à l'évaluation préliminaire s'ils remplissaient au moins une des deux conditions suivantes :

- a) L'état membre a déjà réalisé, avant la parution de la Directive, une évaluation des risques d'inondation sur son territoire qui lui permet d'identifier les zones à risques potentiels d'inondation.
- b) L'état membre s'engage à passer directement à la réalisation des cartes des zones inondables et des risques d'inondation puis à celle des plans de gestion des risques d'inondation.

Concernant la Wallonie, la carte de l'aléa d'inondation, élaborée en 2006 et donc antérieure à la Directive, a permis d'évaluer le risque d'inondation sur le territoire et de conclure que toute la région est concernée par les risques d'inondation. Dès lors, la décision a été prise de passer directement à la réalisation des outils cartographiques et des plans de gestion (application de l'article 13.b).

I.3. Second cycle

Aujourd'hui au 2^{ème} cycle de la mise en œuvre de la DI, l'article 13 n'est plus applicable. L'évaluation préliminaire des risques d'inondation sur le territoire de la Wallonie est à présent obligatoire et devra être mise à jour à chacun des cycles de la Directive, c'est-à-dire tous les 6 ans.

Cette note a pour objectif de détailler la méthodologie développée pour la mise en place de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation dont l'objectif final est d'identifier les zones à risque potentiel d'inondation en Wallonie.

L'approche imposée par l'Europe pour réaliser l'évaluation préliminaire (Figure 1) se déroule en 2 temps :

- Premièrement, il s'agit de recenser les événements d'inondation historiques qui ont eu un impact significatif au moment où ils se sont produits ou qui n'ont pas eu d'impact significatif mais qui pourraient en avoir un s'ils devaient se produire à nouveau (**PFRA – Past Events**).
- Deuxièmement, il s'agit d'identifier les événements futurs et leurs conséquences négatives potentielles (**PFRA – Future Events**).

Sur base de cette évaluation, l'Etat membre dispose de toutes les informations pour identifier les zones à risque potentiel significatif d'inondation sur son territoire (**APSFR**), objectif final de cette échéance de la Directive.

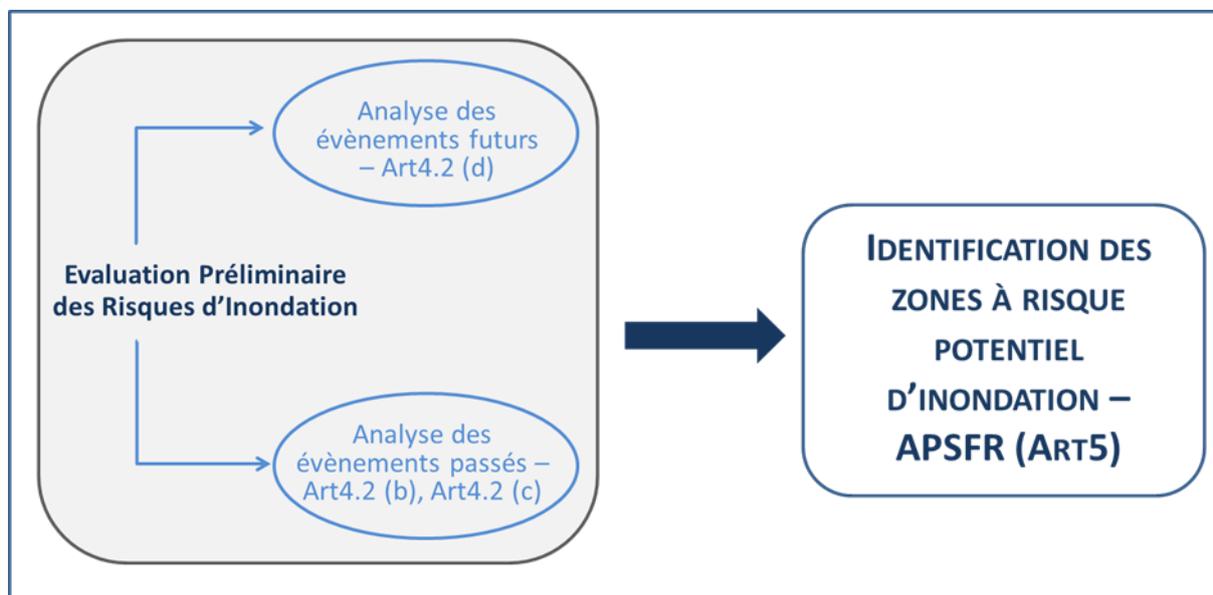


Figure 1- Approche dictée par l'Europe pour la réalisation de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation

Ces recensements et analyses doivent se baser sur des informations déjà disponibles ou facilement déduites comme des relevés historiques, des études sur les évolutions à long terme, en particulier les incidences du changement climatique sur la survenance des inondations.

I.3.1. Types d'inondation

Pour la Wallonie, les types d'inondation pris en compte sont les inondations *par débordement de cours d'eau* et celles dues au *ruissellement*. Les inondations causées par les refoulements du réseau d'égouttage sont exclues. Par ailleurs, la Wallonie n'est pas concernée par la problématique des inondations causées par la mer.

Une particularité de la Wallonie est sa densité de population/d'urbanisation (3^{ème} pays le plus densément peuplé d'Europe, après Malte et les Pays-Bas). Les inondations ont donc rapidement des effets négatifs importants. De plus, l'enchevêtrement de l'agriculture et de l'habitat est tel que parfois, même des précipitations peu importantes peuvent engendrer des inondations par ruissellement ou coulée boueuse rapidement dommageables et donc significatives, ce qui aura un impact sur la suite de cette évaluation.

I.3.2. Prise en compte du développement à long terme et du changement climatique

Pour le deuxième cycle de mise en œuvre, l'Europe insiste sur la prise en compte du changement climatique, mais aussi du développement territorial (démographique, territorial,...) à long terme.

Le changement climatique est pris en compte par le choix du scénario extrême pour identifier les futurs événements d'inondation (cfr point II.2). Le développement à long terme est quant à lui considéré par l'utilisation des zones urbanisables au plan de secteur pour évaluer les conséquences potentielles de ces événements.

II. EVÈNEMENTS D'INONDATION HISTORIQUES ET FUTURS



La Meuse – Seraing - 1925



La Senne –Tubize - Novembre 2010

II.1. Evènements historiques

La directive impose de rapporter les évènements historiques d'inondation qui :

1. Se sont déroulés en Wallonie ;
2. Ont une réelle probabilité de se reproduire dans le futur ;
3. Ont eu un impact significatif au moment où ils se sont produits (Art 4.2. b), ou n'en ont pas eu mais pourraient en avoir un s'ils devaient à nouveau se produire (Art. 4.2. c).

En 2017, un inventaire des inondations passées en Wallonie a été créé. Il s'agit de la base de données BRel (Base de données des RElevés d'Inondations). C'est à partir de cette dernière que les évènements historiques à rapporter sont sélectionnés.

Les bases de données ou sources d'informations à la base de BRel sont les suivantes :

- Repères de crue ;
- Base de données photos ;
- Sources de presse (Presse SPW, Presse Brabant wallon, coupures de presse) ;
- Rapport de crues ;
- Calamités publiques (complétées par les données du CRC) ;
- Données des assurances (Assuralia¹) ;
- Données de l'IRM ;
- Enquêtes communales ;
- CTSBH (fiches complétées depuis les 1^{er} Comités Techniques du cycle 2).

II.1.1. Evènements historiques avec un impact significatif réel (Art 4.2 b)

Cette section fait référence aux évènements historiques d'inondation qui ont eu un impact significatif au moment où ils se sont produits et qui ont une réelle probabilité de se reproduire à l'avenir. Comme expliqué ci-dessus, c'est à partir de la base de données BRel que les évènements à rapporter sont sélectionnés.

La Directive Inondation impose que seuls les évènements postérieurs à la date de la première échéance du premier cycle de mise en œuvre de la Directive soient décrits de façon complète et exhaustive. Les évènements antérieurs au 22 décembre 2011 peuvent, quant à eux, faire l'objet d'une description beaucoup plus succincte et comprendre des données de localisation approximatives. En Wallonie, l'année charnière choisie pour une description plus détaillée des évènements est 1993.

Ainsi, toutes les crues historiques antérieures à 1993 et considérées comme significatives sont rapportées dans l'évaluation préliminaire sous la forme d'un listing comprenant la date de l'évènement et une description succincte de celui-ci. Seule l'inondation de 1925, considérée comme particulièrement exceptionnelle, et pour laquelle les informations disponibles sont plus détaillées,

¹ Assuralia est l'union professionnelle des entreprises d'assurances. Elle représente la majorité des compagnies d'assurances belges et étrangères qui opèrent sur le marché belge.

fait l'objet d'une description plus approfondie. Les crues historiques postérieures à 1993 feront quant à elles l'objet d'une description beaucoup plus exhaustive, notamment via une analyse cartographique. La sélection des événements à rapporter est donc basée sur BRel. Les événements sont triés principalement selon un « jugement d'expert », à savoir la probabilité que ces inondations passées se reproduisent dans le futur. Les aménagements de protection artificiels mis en place depuis l'événement décrit doivent donc être pris en compte. Cependant, la plupart des ouvrages de rétention actuels sont calibrés pour des crues d'une période de retour de 25 ans. Ils ne protégeront donc pas complètement les populations. Les grands ouvrages de protection sur la Meuse prennent en compte des crues plus importantes et en atténuent les effets.

II.1.1.1. EVÉNEMENTS ANTÉRIEURS À 1993

Les événements antérieurs à 1993 sont donc rapportés sous forme de listing (Tableau 1). Il n'existe en effet pas suffisamment d'éléments d'archives pour caractériser de manière pertinente, ces événements, tant concernant leur déroulement, leur localisation, que les conséquences qui en ont découlé.

Ce recensement des événements d'inondation et leur description se basera notamment sur les informations compilées dans le mémoire d'Alexis Rauw, réalisé en 2012 et qui s'intitule « *Utilisation des repères de crues, dans l'étude des crues historiques de la Meuse en Belgique* ». En effet, ce travail de fin d'études fait référence à des crues historiques antérieures aux données contenues dans BRel, dans laquelle l'événement le plus ancien remonte à Mai 858.

En ce qui concerne la sélection des événements rapportés et donc l'aspect significatif de ceux-ci, il est considéré que si la mémoire de ces inondations a traversé les années, c'est qu'elles ont été significatives. D'autres critères ont également été pris en compte à savoir le nombre de décès, la description détaillée des événements, l'importance de l'inondation en termes d'étendue.

Tableau 1 – Evènements historiques d'inondation antérieurs à 1993

Nom/Date Evénement	Description de l'évènement d'inondation	DHI ESCAUT					DHI MEUSE						DHI RHIN	DHI SEINE	
		Dendre	Dyle-Gette	Escaut-Lys	Haine	Senne	Amblève	Lesse	Meuse amont	Meuse aval	Ourthe	Sambre	Semois-Chiers	Vesdre	Moselle
Mai 858	Des pluies torrentielles font de gros dégâts à Liège, emportant maisons et murs de pierre, probablement des suites d'un probable orage sur la Légia.								X						
905	Sinistre qui emporte de nombreuses maisons et citoyens liégeois.								X						
1036	Plusieurs ponts sont emportés à Liège, dont le premier pont des Arches, qui est entièrement détruit.								X						
Juin 1117	Inondation exceptionnelle des suites d'un orage.								X						
1175	Le pont de Namur à Liège est jeté bas par une crue subite.								X	X					
Avril 1196	Pont d'Île emporté à Liège suite à des pluies considérables. À partir du mois d'avril, il ne cesse de pleuvoir jusqu'au mois de juin.								X						
1237	À Liège, on n'a jamais vu la Meuse aussi forte.								X						
1238	Inondation de Huy par le Hoyoux (Guillery, 1844).								X						
10 août 1327	Le Hoyoux déborde à cause de pluies excessives.								X						
1348	La Meuse et ses affluents s'élèvent à une hauteur prodigieuse, ce qui provoque d'ailleurs des épidémies à Liège.								X						
1349	Débordement de la Meuse et de la Sambre.							X	X		X				
9 mars 1367	Après 12 jours de fortes pluies, le fleuve quitte son lit à Liège et il faut emprunter des barques pour circuler dans la ville.								X						
Janvier 1374	Le 4 janvier, les eaux atteignent le pied du grand autel des Dominicains en Île, les bateaux passent par Saint-Paul. Les 11 et 12 janvier, les eaux atteignent un pied de hauteur au même autel. La Meuse sort de son lit. L'hiver ayant été très froid, le cours d'eau a gelé et le dégel est catastrophique. La partie basse de la ville de Liège reste sous les eaux pendant cinq jours. Inondation de la ville de Namur.							X	X						
Février 1396	De mémoire d'homme à Liège, les eaux n'ont jamais été aussi hautes.								X						
Janvier 1408	Le pont des Arches de Liège est de nouveau emporté. Suite à plusieurs semaines de froid rigoureux, les eaux de la Meuse sont prises par les glaces, qui, lors de la débâcle, le 28 janvier, emportent les ponts de bois de Seraing, d'Amercoeur à Liège et de Visé. Une inondation fluviale succède à un automne froid et humide qui a ravagé une partie du territoire. L'église Saint-Paul est envahie une fois de plus, son sol sera par la suite exhaussé.								X	X					
22 février 1409	Crue signalée à Dinant, Namur et Liège, où elle renverse le pont des Arches. La débâcle de la Meuse gelée déborde si furieusement qu'elle emporte plusieurs pont en bois de Liège.							X	X						
8 décembre 1420	Le Hoyoux sème la dévastation le long de son cours vers la Meuse, entraînant les ponts de son parcours.								X						
18 novembre 1421	La Meuse déverse ses eaux sur les deux rives et inonde plus de septante localités en aval de Liège. Trente-quatre villages ou hameaux d'aval sont entièrement submergés et détruits.								X						
1447	Des pluies excessives grossissent les cours d'eau et causent beaucoup de dégâts en amont et en aval de Liège.								X						
7 août 1460	Les eaux de la Meuse grossissent tellement à Dinant qu'elles submergèrent une bonne partie de la ville en y causant des pertes considérables.							X							
Juillet 1463	Inondation qui porte la désolation à Namur et à Liège. « Les rues regorgeaient si prodigieusement d'eaux boueuses qu'après qu'elles furent retirées, elles laissèrent un limon de la hauteur de plus de six pieds ».							X	X						
1464	Devant Saint-Paul à Liège, les chevaux ont de l'eau jusqu'à la poitrine.								X						
10 janvier 1489	Un dégel accompagné de pluies abondantes occasionne un débordement de la Meuse et de ses affluents. De minuit au lever du soleil, le fleuve est monté de 14 pieds. Ses eaux atteignent la seconde marche des degrés conduisant au chœur de la collégiale Saint-Barthélemy à Liège. La crue continue jusqu'au surlendemain.								X						
Mai à Juillet 1505	Inondation de Namur par les eaux de la Meuse et de la Sambre. Des pluies continuelles de mai à juillet font déborder toutes les rivières.							X			X				

Nom/Date Evénement	Description de l'évènement d'inondation	DHI ESCAUT					DHI MEUSE						DHI RHIN	DHI SEINE	
		Dendre	Dyle-Gette	Escaut-Lys	Haine	Senne	Amblève	Lesse	Meuse amont	Meuse aval	Ourthe	Sambre	Semois-Chiers	Vesdre	Moselle
Janvier 1514	Les glaces brisent les ponts de bois d'Avroy, d'Amercoeur et le pont de pierre de Maastricht. Le fleuve ne se gonfle pas autant qu'en 1489, mais les ravages sont considérables. Le fleuve emporte les ponts d'Avroy, d'Amercoeur, les couvents des Ecoliers et des Frères de Jérusalem à Liège.								X	X					
1534	Le pont d'Amercoeur à Liège est renversé par un débordement de l'Ourthe (Lejaxhe, 2006).								X	X					
Février 1538	Des chutes de pluies diluviennes font déborder la Meuse jusqu'au-devant de l'église Saint-Lambert à Liège.								X						
1560	Les inondations désolent la ville et les campagnes du Comté de Namur.							X			X				
Février 1571	Inondation précédée d'un froid intense. Le dégel met en mouvement des masses de glaçons. Inondation très étendue de la Meuse, de la Sambre et de l'Ourthe ainsi que de la Vesdre. Le pont en pierre d'Amercoeur à Liège est emporté. Le pont de Namur est en partie emporté. Cette crue est l'une des plus importantes à Dinant. L'eau atteint une élévation de 5.05 m au pont des Arches de Liège.							X	X	X	X		X		
1614	Les pluies sont abondantes pendant tout le cours de l'année. Inondation de Namur par une crue de la Sambre, de Huy et de Liège par le Hoyoux et la Meuse. La crue monte à trois doigts sous la marque de 1571 du pilier de la cathédrale Saint-Paul.								X		X				
4 janvier 1634	Inondation de Liège au moment du dégel. Le fleuve déborde dans des proportions à peu près identiques à 1614.								X	X					
15 janvier 1642	Débordement plus important que celui de 1571.							X	X	X	X				
Janvier 1643	Débordement de la Meuse et de ses affluents. Plusieurs ponts sont emportés, dont le pont des Arches, où l'élévation est de 5.64 m. Crue exceptionnelle, plus forte que les précédentes, la plus formidable dont l'histoire nous ait transmis le souvenir à Liège . Les eaux atteignent 1.30 m dans l'église Saint-Paul, et sur l'autre rive, 0.95 m à l'hôpital de Bavière. Tous les rivages sont couverts et l'eau court par endroit assez rapidement pour empêcher d'y passer avec des barques. Quatre pieds dans l'église Saint-Barthélémy, soit un pied et demi au-dessus de la marque de 1571 de Saint-Paul.								X						
27 février 1658	Les eaux de la Meuse s'élèvent à Liège à un niveau presque aussi haut que celui de 1643.								X						
Novembre 1658	Débordement de la Meuse, de la Sambre et du Hoyoux.							X	X		X				
1663	Débordement soudain de la Meuse à Namur, qui cause de grands ravages.							X							
1665	Débordement de la Meuse à la suite de très fortes gelées et de neiges abondantes.							X	X						
1693	Le pont des Arches de Liège est encore emporté.								X						
15 août 1704	Grande inondation soudaine qui cause des dommages dans les vallées de la Sambre et de la Meuse.							X			X				
1725	Même type d'inondation qu'en 1658, inondation de Namur.							X	X						
13 janvier 1726	Le fleuve envahit l'église Saint-Denis à Liège à une hauteur de 48 centimètres.								X						
Décembre 1740	L'un des plus rigoureux hivers dont il est fait mention, encore remarquable par le débordement de toutes les rivières. Le niveau atteint à Liège est plus élevé que celui de 1571, mais moins que celui de 1643. Les pluies continues de décembre ont fait grossir si fort la Meuse et la Sambre qu'une grande partie de la ville de Liège est inondée, l'eau atteignant 5.42 m. Si la crue n'est pas aussi forte que celle de 1643, elle s'en rapproche. A Saint-Paul, le niveau des eaux monte à 1.17 m ; à l'hôpital de Bavière, à 0.75 m. A l'église Saint-Barthélemy, la hauteur d'eau est de deux pieds et demi ; rue du Vertbois, l'eau atteint 1.4 m. Cette crue compte parmi les plus importantes à Dinant et Namur.							X	X		X				
28 avril 1750	Nouveau débordement nocturne du Hoyoux, gonflé par un orage, qui inonde Huy. Les eaux du Hoyoux combinées à celle de la fonte des neiges font déborder la Meuse.								X						
17 mars 1751	La fonte rapide des neiges fait tellement grossir la Meuse qu'il se produit à Liège une crue presque aussi importante qu'en 1740.								X						
1778	Inondation de Namur par les eaux réunies de la Meuse et de la Sambre.							X			X				
1781	A la suite de violents orages, la Meuse et ses affluents débordent.							X	X						
Février 1784	Débordement de la Meuse à Dinant (+5.87 m), à Namur (+ 6.01 m), à Huy, à Liège où elle recouvre la place du Marché et à Visé (+6.6 m). L'hiver est particulièrement froid, le fleuve reste gelé de fin décembre jusqu'en février. Le fleuve regèle ensuite plusieurs fois, entraînant une importante montée des eaux à chaque dégel. Des barrages de glaces provoquent de grands débordements dans les environs de Maastricht. Crue parmi les plus importantes à Namur.							X	X						
27 février 1785	Dégel catastrophique du fleuve, qui submerge pendant trois jours les quartiers bas de Liège et de ses faubourgs.								X						
Décembre 1810	Les eaux pénètrent dans l'église Saint-Paul à Liège, la Vesdre inonde Verviers.								X				X		

Nom/Date Evénement	Description de l'évènement d'inondation	DHI ESCAUT					DHI MEUSE							DHI RHIN	DHI SEINE	
		Dendre	Dyle-Gette	Escaut-Lys	Haine	Senne	Ambliève	Lesse	Meuse amont	Meuse aval	Ourthe	Sambre	Semois-Chiers	Vesdre	Moselle	Oise
Avril 1812	Débordement de la Meuse et de ses affluents.							X	X							
1820	Les eaux de la Sambre et de la Meuse s'élèvent à 5.65 m au-dessus de l'échelle du pont de Namur.								X		X					
7 mai 1822	Débordement de la Meuse en aval de Huy, suite à une crue extraordinaire du Hoyoux.								X							
Janvier 1841	Hiver très rigoureux, qui fait geler en profondeur le cours du fleuve. Lors de la débâcle, un barrage de glace se forme à Marche-les-Dames puis à Ampsin, y provoquant des débordements. Les eaux montent à 4.45 m au-dessus du zéro de l'échelle du pont des Arches.							X	X							
27 janvier 1844	Crue causée par des pluies combinées à la fonte rapide des neiges des plateaux ardennais. Débordement généralisé de l'amont de Dinant à Maastricht.							X	X							
5 janvier 1850	Une inondation désastreuse ravage le centre-ville de Liège. C'est l'inondation la plus importante du XIXe siècle. On retrouve un trait à 1.12 m rue du Vertbois et à 0.84 m à la Cathédrale Saint-Paul.								X	X						
1er février 1862	Liège est partiellement inondé. Des pluies continuelles font hausser le niveau du fleuve, qui atteint la naissance des voûtes du pont des Arches. Le mur du quai de l'Ourthe s'écroule sur plusieurs dizaines de mètres.								X	X						
Août 1879	Liège est à nouveau partiellement inondé. Il faut remonter à 1850 pour rencontrer un débordement aussi intense.								X	X						
22 décembre 1880	L'inondation est désastreuse à Liège, la rive droite souffre tout particulièrement de cette crue mémorable. Son niveau est supérieur de 0.70 m à celui de 1850 en amont de Liège, à cause de remblais et de constructions nouvelles qui ont rendu la zone d'inondation plus étroite. Le niveau atteint dans la traversée de la ville est similaire à celui de 1850 grâce aux récents aménagements. En aval de Liège, il est plus haut de 0,40 m, des suites d'une contribution plus modeste de l'Ourthe, qui reste 0,60 m sous son niveau de 1850. L'élévation au pont de Dinant est de 5.32 m, et de 6.48 m à celui de Namur. A Liège, l'inondation inférieure de 0,20 m à celle de 1850 grâce à la Dérivation, alors que partout ailleurs elle est plus importante. L'inondation est uniquement due aux pluies abondantes tombées pendant plusieurs jours. Elle est en moyenne plus haute de 0,80 m que de 1850 sur tout son parcours entre Namur et Maastricht.							X	X							
23 janvier 1893	Crue du 23 janvier 1893								X							
28 janvier 1910	Inondation très menaçante. Le débit est bien inférieur à 1880, mais les dégâts sont très importants en amont de Liège à cause des affaissements miniers.								X							
10 juillet 1910	En Ardenne, de graves crues des cours d'eau se produisent au début du mois de juillet, entraînant d'importants dégâts.									X						
Décembre 1915	Dans l'ensemble du pays, il a beaucoup plu durant tout le mois. Le total mensuel relevé à Chiny s'élève à 380 mm. Ces pluies extrêmement abondantes conduisent à une crue importante des cours d'eau et, dans le bassin de la Meuse, à des inondations. Le débit est bien inférieur à 1880, mais les dégâts sont très importants en amont de Liège à cause des affaissements miniers. Parmi les très fortes crues à Visé.								X			X				
Janvier 1920	Le débit est bien inférieur à 1880, mais les dégâts sont très importants en amont de Liège à cause des affaissements miniers (Tison, 1938). Crue plus importante que celle de 1910 et qui dure une dizaine de jours, bien que les dommages soient peu importants (Lejaxhe, 2006).								X							
4 novembre 1924	Le débit est bien inférieur à 1880, mais les dégâts sont très importants en amont de Liège à cause du démergement. Crue extraordinaire à Liège, repoussée grâce aux travaux récents.								X							
1928	Parmi les crues les plus importantes au pont de Seraing de 1926 à 1961 (Fraiture, 1961).								X							
1930	Parmi les crues les plus importantes au pont de Seraing de 1926 à 1961 (Fraiture, 1961).								X							
17 janvier 1939	Parmi les crues les plus importantes au pont de Seraing de 1926 à 1961 (Fraiture, 1961) et parmi les très fortes crues à Visé (Vereestraeten, 1970).								X							
1944	Parmi les crues les plus importantes au pont de Seraing de 1926 à 1961 (Fraiture, 1961).								X							
13 février 1945	Parmi les plus fortes crues enregistrées à Visé (Vereestraeten, 1970).								X							
1946	Parmi les crues les plus importantes au pont de Seraing de 1926 à 1961 (Fraiture, 1961).								X							
10 janvier 1952	Durant la première décennie de janvier, les précipitations soutenues conduisent à une crue généralisée des cours d'eau, suivie d'inondations importantes dans de nombreuses régions du pays.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8 juillet 1952	Un violent orage frappe la région des Hautes-Fagnes. Près du barrage de la Gileppe (Jalhay) – où on a relevé 32 mm au pluviomètre en une heure –, six ouvriers perdent la vie au cours d'une crue brutale de la Soor qui les emporte.						X									
Décembre 1952	Parmi les crues les plus importantes au pont de Seraing de 1926 à 1961 (Fraiture, 1961) et parmi les très fortes crues à Visé (Vereestraeten, 1970).								X							
29 mai 1956	Suite à un violent orage, de graves inondations entraînent la mort de quelques personnes et causent d'importants dégâts dans la région de Verviers, en particulier à Dison.												X			
20 février 1957	Suite aux précipitations – parfois orageuses – vers le milieu du mois, de nombreux cours d'eau subissent une crue, suivie d'inondations dans plusieurs régions du pays.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30 septembre	La dernière décennie de septembre est très arrosée. Cela entraîne une crue généralisée des cours d'eau.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Nom/Date Evénement	Description de l'évènement d'inondation	DHI ESCAUT					DHI MEUSE							DHI RHIN	DHI SEINE	
		Dendre	Dyle-Gette	Escaut-Lys	Haine	Senne	Amblève	Lesse	Meuse amont	Meuse aval	Ourthe	Sambre	Semois-Chiers	Vesdre	Moselle	Oise
1957																
Automne -Hiver 1960	Série d'inondations localisées dans le centre du pays en septembre, dans le bassin inférieur de l'Escaut en octobre et parmi les plus fortes crues enregistrées à Visé en décembre			X			X			X						
30 janvier 1961	Il pleut beaucoup en cette fin de mois de janvier. En particulier, le 30, au sud du sillon Sambre-et-Meuse, la moitié des stations relève des cotes pluviométriques supérieures à 40 mm. Dans cette région, les pluies abondantes, accompagnées d'une fusion rapide de la neige qui recouvrait le sol gelé, conduisent à une brusque crue des cours d'eau, suivie d'inondations généralisées qui prennent des proportions particulièrement graves dans les vallées de la Sambre et de la Meuse. Pendant cet hiver particulièrement pluvieux, la Meuse est en régime de crue pratiquement ininterrompu depuis fin 1960. Une inondation a lieu, qui, sans les travaux du démergemen, aurait pu être catastrophique dans la région liégeoise. La Meuse déborde de son lit en divers endroits, comme entre Namur et Andenne où les écluses sont noyées. La Sambre et l'Ourthe débordent également.								X	X	X	X				
Février 1962	Les pluies dépassent 40 mm en de nombreux endroits : 42 mm à Rochefort, 48 mm à Thimister, 58 mm à Forges (Chimay), 73 mm à Bihain (Vielsalm), 82 mm à Robertville (Waimès)... Les pluies abondantes tombées entre le 12 et le 15 février conduisent à des inondations en plusieurs endroits, plus particulièrement dans le sud du pays.						X	X	X	X			X			
Novembre 1964	Entre le 13 et le 17 novembre, il pleut beaucoup dans le pays. Le 16, on relève jusqu'à 79 mm à Membre (Vresse-sur-Semois). Les cours d'eau sont en crue dans tout le pays et des inondations se produisent en plusieurs endroits.												X			
10 janvier 1965	D'abondantes chutes de pluie à la fin du mois de décembre, associées avec la fonte d'une couche de neige, entraînent une crue générale des cours d'eau et d'assez graves inondations en basse Belgique en ce début janvier 1965.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9 décembre 1965	Il pleut beaucoup dans le pays au cours du mois. Le 9, une cote de 78 mm est observée à Paliseul. Ces pluies conduisent à d'assez graves inondations dans diverses régions du pays.							X					X			
Novembre-Décembre 1966	Les pluies persistantes qui marquent la seconde moitié du mois entraînent une crue assez généralisée des cours d'eau, suivie d'inondations au début du mois suivant, principalement en basse Belgique.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
26 août 1971	De fortes pluies consécutives à un orage violent provoquent un torrent de boue qui envahit une centaine de maisons dans la vallée du Geer. A Visé, le pluviomètre recueille 74 mm d'eau en une journée.									X						
Février 1977	Les pluies abondantes des première et deuxième décades du mois, associées à la fonte rapide d'une épaisse couche de neige, provoquent dans l'est et le sud du pays la crue des cours d'eau et des inondations dans ces régions.						X	X		X			X	X		
été 1977	Inondations de la vallée de l'Ourthe du 16/05/1977 A la suite d'un violent orage, on mesure une cote de 75 mm au pluviomètre à Auvélais (Sambreville). Plusieurs stations relèvent des totaux supérieurs à 40 mm, ce qui conduit à des inondations assez graves dans la Basse Sambre, ainsi que dans la vallée de l'Ourthe. Inondations des 12-13/07/1977 dans la province de Namur Inondations des 17-18/08/1977 dans la province du Brabant wallon		X								X	X				
21 juillet 1980	L'abondance des précipitations de la fin juin et des deux premiers jours de juillet avait déterminé une première crue des rivières de haute Belgique, suivie d'inondations. C'est toutefois le caractère généralisé des cotes de plus de 40 mm les 19 et 20 juillet qui est la cause d'une crue rapide de toutes les rivières du pays du 20 au 21, crue suivie d'inondations catastrophiques et d'une interruption de la navigation sur la Meuse.							X	X	X	X		X			
Janvier - Février 1984	De fortes précipitations ont saturé le sol et gonflé les eaux de la Meuse et de ses affluents. Une tempête porte encore plus haut leur niveau les 6 et 7 février. Suttor (1989), qui décrit cette crue, la classe dans les crues d'intensité séculaire. Crue du 9/02/1984 (Presse SPW); Dégâts provoqués par la tempête, accompagnée de vents violents, de fortes pluies et d'inondations, des 7-8-9/02/1984 dans de nombreuses communes (Calamité); Il a beaucoup plu en Belgique au cours des dernières semaines. A Chiny, on relève à la date du 8 février un des totaux pluviométriques sur trente jours les plus élevés du siècle dans notre pays : 465 mm. Les pluies particulièrement abondantes des derniers jours – on a mesuré à Chiny 147 mm entre le 3 et le 8 février – provoquent d'importantes inondations. Débutant en Ardenne, elles s'étendent ensuite à la plupart des régions du pays (IRM)		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			
24 août 1987	Dégâts provoqués par les inondations dues aux pluies diluviennes du 24/08/1987 dans plusieurs communes des provinces de Hainaut et Namur. Dans le bassin de la Bieme, des orages violents provoquent en soirée de catastrophiques inondations dans le centre de Gerpinnes et dans les villages voisins d'Acoz et de Bouffioulx (Châtelet). L'afflux d'eau très rapide cause des dégâts matériels considérables et, malheureusement, la mort de trois personnes âgées.												X			
1er septembre 1987	Dégâts provoqués par les inondations dues aux trombes d'eau du 01/09/1987 dans plusieurs communes des provinces de Liège et Luxembourg.						X									
Décembre 1991	Crue de l'Ourthe de 1991 Depuis le 16 décembre, il pleut beaucoup dans le pays, surtout en Ardenne. Le 21, de nombreuses cotes pluviométriques de plus de 40 mm sont relevées (jusqu'à 94 mm à Elsenborn, sur la commune de Bütgenbach). Elles vont provoquer des inondations qui perturberont le réveillon de Noël en plusieurs endroits.						X	X	X	X	X					

- Cas particulier : Evènement de 1925

Durant les mois de décembre 1925 et de janvier 1926, de très fortes précipitations noyèrent une partie non négligeable de l'Europe occidentale, provoquant une série de catastrophes aux Pays-Bas (la rupture d'une digue notamment), dans le nord de la France (les débordements de l'Orne à Caen, par exemple), en Allemagne (l'importante crue du Rhin à Cologne, entre autres) et en Belgique. Les inondations de 1926 touchèrent tant le Nord que le Sud de la Belgique.

DÉROULEMENT DE LA CRUE

Le 1^{er} novembre 1925, les eaux de la Meuse montèrent brutalement de 25 à 30 centimètres mais elles stagnèrent. La grande crue aura lieu début janvier 1926 après des pluies abondantes et de longues durées, conjuguées à la fonte des neiges accumulées depuis fin novembre et à un sol déjà bien détrempé.

Le 21 décembre, le barrage de Liège-Fonderie (servant de repère pour la mesure des eaux) affichait une cote de niveau de 2,50 mètres au-dessus de l'étiage. Cette mesure correspondait, pour les ingénieurs des Ponts et Chaussées, à une « crue de faible amplitude ». Ensuite, le 23 décembre, l'inondation de nombreuses voies de chemin de fer (à Anvers et à Kiel notamment, gares de formation pour les quais de l'Escaut) mit en alerte les autorités du pays. Enfin, en alerte également à la suite des interruptions ferroviaires entre Seraing et le Val-Saint-Lambert le 29 décembre, les autorités liégeoises installèrent le long des quais des dépôts d'argile et des amorces de digues. La digue qui protège la rive droite de Seraing s'effondra le 31 décembre, fragilisée par les affaissements miniers. Toute la partie basse de la vallée fut inondée provoquant un bref ralentissement dans la montée des eaux en aval de Seraing. L'eau atteignit 5.5 m dans la rue Cockerill (Tison, 1938 ; Vereestraeten, 1970).

Tison (1938) observe plusieurs anomalies dans les niveaux atteints. À Chertal, la rivière fait un coude, qui y provoque localement une brusque augmentation de 1 mètre du profil de la crue. L'anomalie est rapidement atténuée en aval. Au pont d'Ougrée, où il existait une île (dite des Corbeaux), il observe une perte de charge importante et un relèvement local de l'axe hydraulique. Cet auteur a également observé la vitesse du courant à la surface : elle dépasse en moyenne 3 m/s à Liège, contre seulement 2 m/s à Seraing (ce qui n'est pas sans influence sur le transport des sédiments). L'auteur observe également que l'inondation a été aggravée par les nombreux ports constitués de quais bas dans la traversée de la ville de Liège. L'importance de la crue de 1926 à Liège s'explique aussi en partie par le fait qu'à l'époque les deux tiers du cours étaient obstrués par les barrages « Guillery », utilisés pour la navigation (AIDE, non daté 2).

CONSÉQUENCES

Socio-économiques

Il s'agissait des crues les plus spectaculaires et les plus dommageables tant sur le bassin de Liège que sur le reste de la Belgique. Elles eurent de nombreuses conséquences sur les plans humain, social, économique et politique. Elles forceront les autorités publiques à réagir. Ces crues spectaculaires permirent de constater les réalités socio-économiques propres à la région liégeoise comme les problèmes liés à la salubrité des logements ouvriers, au chômage et à la paupérisation d'une certaine couche de la population dans les bassins houillers. La ville de Liège fut fortement touchée mais également son bassin industriel et les quartiers ouvriers de Seraing, Ougrée et Tilleur. De Chokier à Visé, 35 000 maisons furent inondées et 250 000 chômeurs sans ressources.

Solidarité - Extrait du récit de l'Institut d'histoire ouvrière, économique et sociale (IHOES), Jean-Pierre Keimeul

Les eaux s'élevèrent subitement et atteignirent les étages. Aussitôt la population s'organise. Les inondations révélèrent une solidarité exemplaire tant au Nord qu'au Sud du pays.

Les barques des pêcheurs sont réquisitionnées pour permettre aux sinistrés de quitter ou de regagner leur domicile, afin d'effectuer les achats de première nécessité. L'accès aux fenêtres se fait par des échelles posées le long des façades.

Le laitier vient approvisionner les gens en barquette et là où l'on peut passer avec une charrette, l'union coopérative livre le pain. On s'approvisionne en eau alimentaire à l'hôpital tout proche. Les ouvriers communaux livrent en barque le charbon bien nécessaire pour lutter contre le froid et l'humidité. On en remplit des seaux que l'on hisse péniblement à bout de bras.

Les fameux trams canards, aux roues surdimensionnées, au plancher surélevé, sillonnent les rues là où le niveau de l'eau le permettait et brise un peu l'isolement social dans lequel est confinée la population. Hommes, femmes, enfants sont désœuvrés puisque les écoles, les industries, les charbonnages sont fermés. Le temps s'est figé dans le malheur.

Lorsque les eaux se retirent, tout est désolé. Un carcan de boue nauséabonde enserre meubles et objets divers. Pour lutter contre les épidémies et le manque d'hygiène, la Croix-Rouge organise des concours de propreté. Ceux-ci incitent les ménagères à rendre à leur maison l'éclat des premiers jours.

En second lieu, la catastrophe mit à jour une solidarité exemplaire de la part de populations très diverses, tant au Nord qu'au Sud de la Belgique et, à Liège comme ailleurs, mit en avant le courage de nombreux anonymes, pompiers, policiers, ouvriers, médecins, militaires, fonctionnaires communaux, qui ont tout fait pour limiter la catastrophe et aider les populations sinistrées.

PISTES D'AMÉLIORATION

Ces inondations permirent de réparer un certain nombre de lacunes en matière de prévention de la montée des eaux : elles furent par exemple à l'origine de la création, dès 1928, de la Société de démergement et d'épuration; elles donnèrent également l'impulsion pour une série de travaux autour de la Meuse (travaux de l'île Monsin dès février 1928, perfectionnement du service de

signalisation sur la haute Meuse, organisation d'un service d'annonce et de prévision des crues, création de digues s'inspirant des travaux français sur la Marne, etc.).

II.1.1.2. EVÈNEMENTS DE 1993 À 2016

La sélection des événements à rapporter reste basée sur BRel. Les événements sont triés sur base d'un « jugement d'expert » et des critères « objectifs » comme le nombre de bassins contributifs des secteurs de cours d'eau impactés par la crue ou encore la période de retour de celle-ci. Ainsi, ne sont pas rapportés les événements jugés comme « mineurs » ou non significatifs, mais aussi les événements pour lesquels les informations disponibles ne rencontrent pas les exigences de la Directive en termes de caractérisation de l'événement, à savoir :

- Date de commencement/durée,
- Période de retour/réurrence,
- étendue inondée (*optionnel*),
- Source d'inondation,
- Mécanisme/caractéristiques de l'inondation.

Voici donc la sélection des événements historiques d'inondation ayant eu un impact significatif au moment où ils se sont produits et ayant une réelle probabilité de se reproduire à l'avenir:

Tableau 2 : Evènements sélectionnés à partir de 1993.

Id_Évènement	Nom de l'événement	Type d'inondation	Période de retour de la crue
1993_12_20to11	Inondations du 20 décembre 1993 au 11 janvier 1994	Débordement	50 ans
1995_01_11to06	Inondations du 11 janvier 1995 au 6 février 1995	Débordement	25 ans
2000_07_02to08	Inondations du 2 au 8 juillet 2000	Ruissellement	/
2002_02_13to27	Inondations du 13 au 27 février 2002	Débordement	50 ans
2002_08_27to29	Inondations du 27 au 29 août 2002	Débordement et Ruissellement	>100 ans (La Meuse)
2002_12_25to04	Inondations du 25 décembre 2002 au 4 janvier 2003	Débordement	20 ans
2010_11_11to15	Inondations du 11 au 15 novembre 2010	Débordement	>100 ans
2011_01_07to13	Inondations du 7 au 13 janvier 2011	Débordement	75 – 100 ans
2011_06_28to21	Inondations du 28 juin au 21 juillet 2011	Ruissellement	/
2013_07_23to27	Inondations du 23 au 27 juillet 2013	Ruissellement	/
2014_07_27to26	Inondations du 27 juillet au 26 août 2014	Ruissellement	/
2016_05_05to07_24	Inondations du 5 mai au 24 juillet 2016	Débordement et Ruissellement	>100 ans pour certains cours d'eau

II.1.1.3. LOCALISATION DES ÉVÈNEMENTS ENTRE 1993 ET 2016

Les sources d'informations géoréférencées reprises dans BReli et choisies pour localiser les événements d'inondation sont les suivantes :

- Base de données photos
- Calamités naturelles publiques (DGO5 et CRC)
- Données des assurances (Assuralia)
- Enquêtes communales
- Site de dégâts GISER

Chacune de ces sources contient des informations différentes et une précision propre concernant la localisation de l'événement d'inondation qu'elle décrit. Ainsi, par exemple, les photos ont une localisation très précise et sont représentées par de très nombreux points tandis que les données issues des assurances sont agrégées à l'échelle des codes postaux et sont donc très vagues en termes de localisation de l'évènement.

Pour uniformiser le tout, les informations de chaque source sont rapportées au bassin versant contributif du secteur de cours d'eau PARIS concerné. Ce choix apparaît comme le plus pertinent car il s'agit de la plus petite unité de gestion en Wallonie mais aussi parce que les bassins versants contributifs des secteurs PARIS consistent en une subdivision des masses d'eau. Or la coordination entre la Directive Inondation et la Directive Cadre sur l'Eau est un élément important à prendre en compte dans le rapportage à l'Europe. De plus, cette méthode permet de prendre en compte les inondations tant par ruissellement que par débordement de cours d'eau. Enfin, elle permet de lisser les très nombreux points, lignes et autres polygones de toutes les sources d'informations hétérogènes utilisées pour n'obtenir qu'une étendue simple et unique qui représente la localisation de l'événement d'inondation. En effet, une fois chaque source d'information croisée avec les bassins versants contributifs, l'évènement est décrit par une multitude de petits bassins. Ces derniers sont ensuite fusionnés pour n'obtenir qu'un seul polygone, soit une seule représentation géographique par évènement.

La carte ci-dessous (Figure 2) illustre la situation et indique que les 262 communes de la Région wallonne ont toutes connu au moins un évènement d'inondation sur leur territoire, entre 1993 et 2016, que ce soit par débordement de cours d'eau ou par ruissellement.

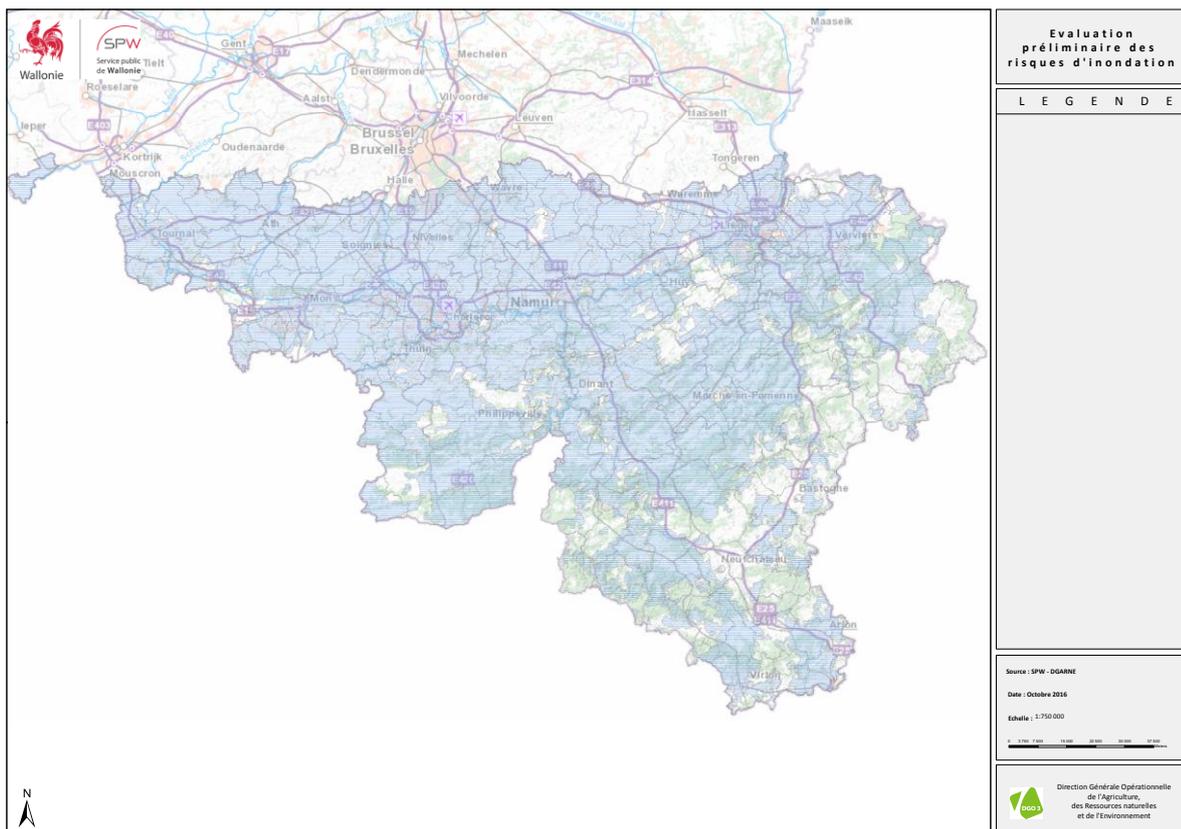


Figure 2 : Évènements sélectionnés dans le cadre de l'évaluation préliminaire (1993-2016)

II.1.1.4. EVALUATION DES CONSÉQUENCES NÉGATIVES DES ÉVÈNEMENTS ENTRE 1993 ET 2016

En ce qui concerne la Région wallonne, une sélection de critères a été définie pour chacun des 4 enjeux de la Directive Inondation afin d'évaluer les conséquences des événements d'inondation rapportés.

Lorsque l'étendue de l'inondation est connue (inondation par débordement de cours d'eau), celle-ci est croisée avec la source de l'information concernée par le critère en question (carte d'occupation du sol, activité SEVESO, nombre d'habitants,...) pour évaluer les conséquences de la crue. Ce croisement cartographique est réalisable pour autant que l'étendue des inondations soit connue.

Cette méthodologie ne fournit pas un recensement exhaustif des conséquences d'une inondation car elle dépend des zones répertoriées et étudiées par les agents du SPW mais aussi des informations transmises par les services communaux et provinciaux. De plus, cette méthode est approximative car l'occupation du sol a évolué entre la date de l'événement d'inondation et les données de la carte d'occupation des sols de Wallonie qui date de 2007.

Néanmoins, cette analyse automatisée, rapide et efficace fournit une estimation pertinente des conséquences des événements d'inondation étudiés et offre la possibilité d'évaluer l'impact de ces

inondations sur plusieurs indicateurs qui ne sont, pour la plupart, pas repris dans d'autres documents d'archives.

Dans le contexte des inondations par ruissellement, les conséquences de l'évènement sont évaluées dans une zone d'influence de 100 m (hypothèse utilisée dans le cadre de l'étude d'AGIRaCAD) autour des dégâts référencés dans les bases de données de l'administration.

Ci-après le détail des critères évalués au regard de chacun des 4 enjeux de la Directive Inondation.

- Santé Humaine

En ce qui concerne la Région wallonne, l'évaluation des conséquences néfastes sur la santé humaine engendrées par les événements d'inondation qui se sont produits se base sur :

- **Le nombre d'habitants touchés² dans l'étendue inondée**

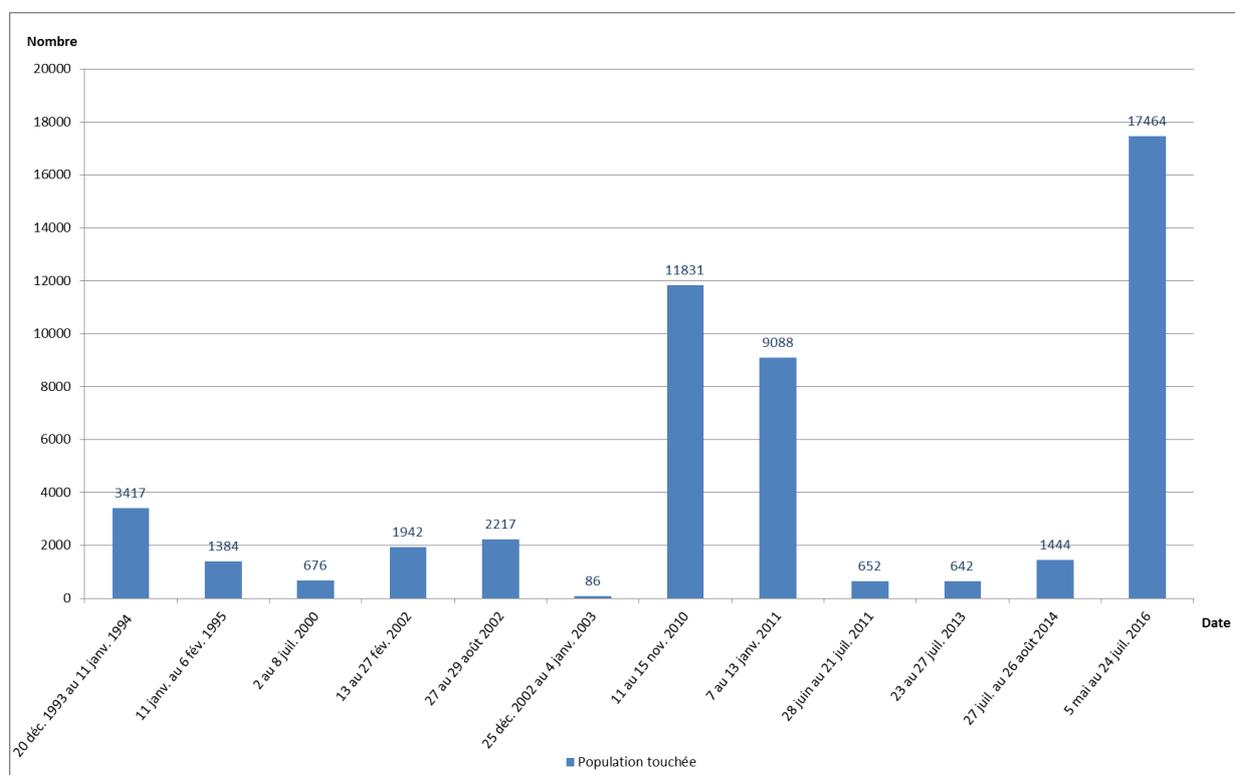


Figure 3 : Estimation du nombre de personnes impactées par les événements

Les orages du printemps 2016 ont été ceux qui ont impacté le plus de personnes. Ils se sont déroulés durant près de 3 mois et ont été répartis sur pratiquement l'ensemble du territoire wallon, impactant plus de 17.000 personnes.

Les crues de novembre 2010 et de janvier 2011, liées à du débordement de cours d'eau, sont ensuite les plus dommageables en termes du nombre d'habitants touchés par les inondations. Lors de ces événements, de nombreux cours d'eau sont sortis de leur lit de manière simultanée un peu partout sur le territoire de la Wallonie, expliquant le nombre important de personnes touchées. Pour les

² Les événements marqués d'un astérisque ont été évalués directement sur base du nombre de sinistres en considérant qu'un sinistre impactait au moins 2 personnes.

autres évènements, il s'agit de débordements plus localisés ou le long de cours d'eau moins urbanisés, et donc impactant moins de personnes.

- **Le nombre de captages d'eau en eaux souterraines dans l'étendue inondée**

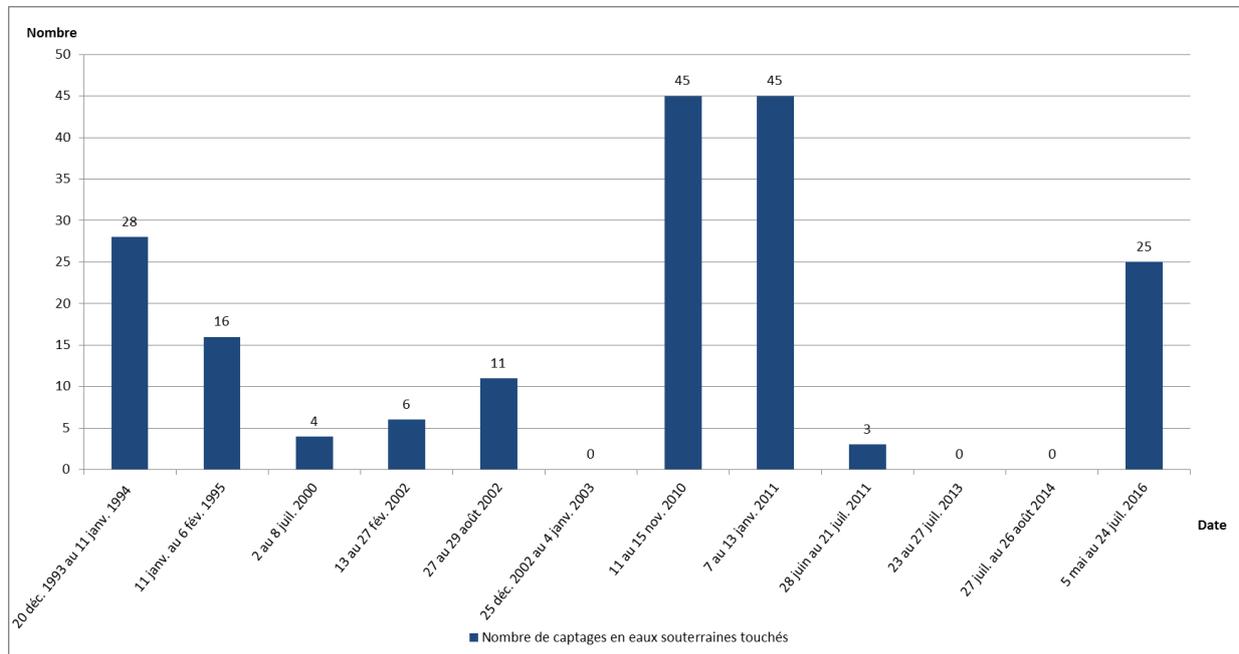


Figure 4 : Estimation du nombre de captages en eaux souterraines impactés par les événements

Les captages en eaux souterraines localisés en zones inondées sont bien souvent munis d'un dispositif de mise en décharge automatique ou protégés par une digue anti-crue pour éviter de contaminer le réseau de distribution d'eau potable. Cette estimation ne permet toutefois pas d'évaluer les conséquences sur le réseau de distribution.

- Environnement

Pour évaluer les conséquences néfastes des inondations sur l'environnement, les critères retenus en Wallonie sont :

- La superficie des sites **Natura 2000** ou la présence de ceux-ci dans l'étendue inondée

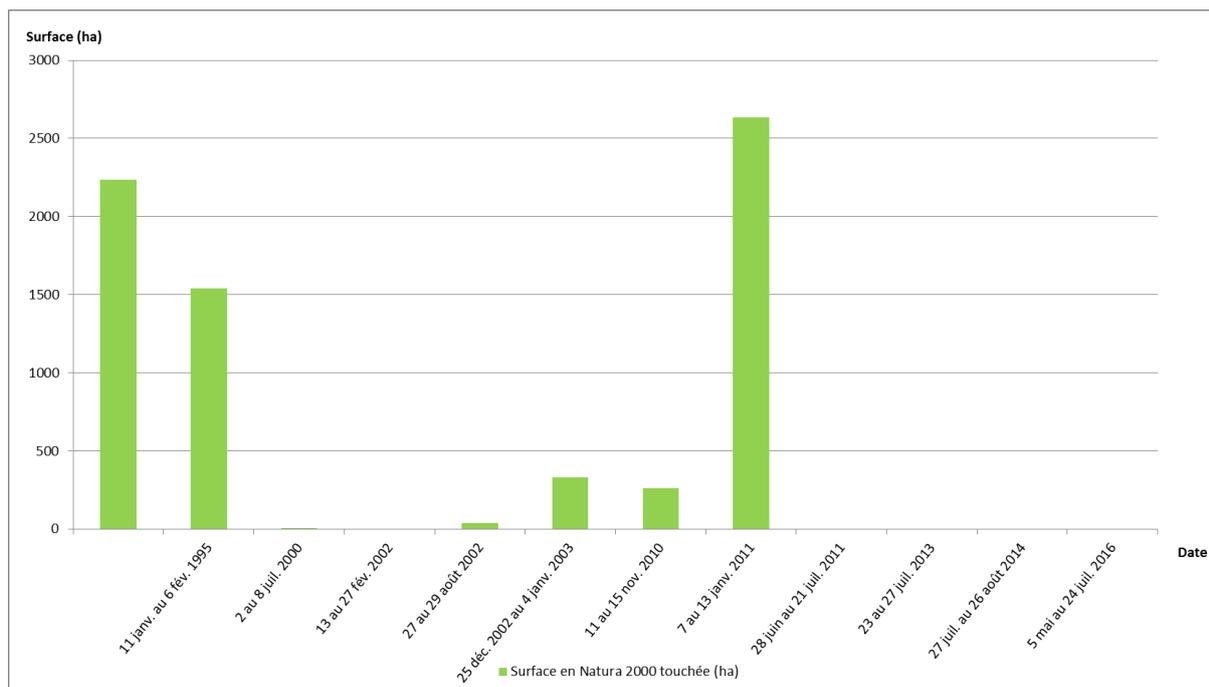


Figure 5 : Estimation de la superficie en ha en Natura 2000 impactée par les événements

Le Sud et l'Est de la Wallonie ont été les régions les plus impactées par la crue de janvier 2011, là où se situent la majorité des zones Natura 2000. Le Sud de la Région a également été fortement impacté par les crues de la Semois en 1993 et 1995.

- Le nombre de **Sites SEVESO** ou la présence de ceux-ci dans l'étendue inondée

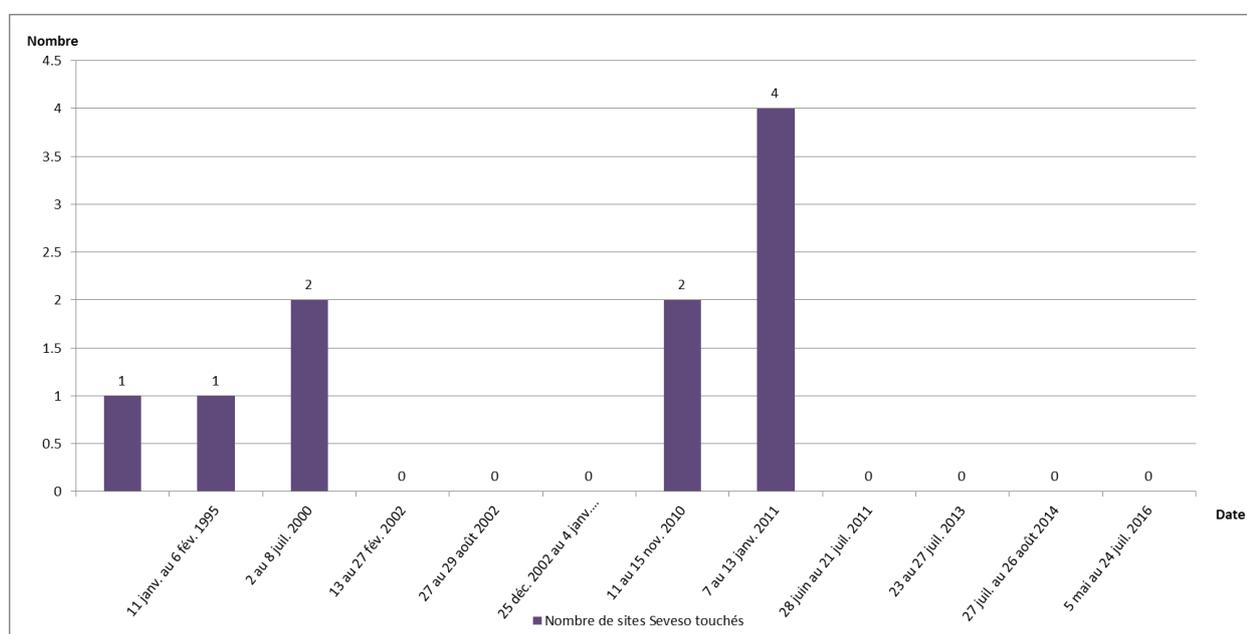


Figure 6 : Estimation du nombre de sites SEVESO impactés par les événements

Les sites SEVESO sont répartis en deux classes : seuil bas et seuil haut. Pour les sites SEVESO de type « seuil haut » situés en zones d'aléa d'inondation extrême, un dispositif de sécurité doit être mis en place et un plan d'action doit être proposé pour évacuer les équipements contenant des substances

dangereuses, en application de la Directive SEVESO III. Lors de la crue de novembre 2011, deux sites de seuil bas et deux sites de seuil haut ont été impactés par les inondations.

- Activités économiques

Pour évaluer l'impact sur l'activité économique des événements d'inondation qui se sont produits en Wallonie, les critères retenus sont :

- **La superficie des zones industrielles et commerciales impactées dans l'étendue inondée**

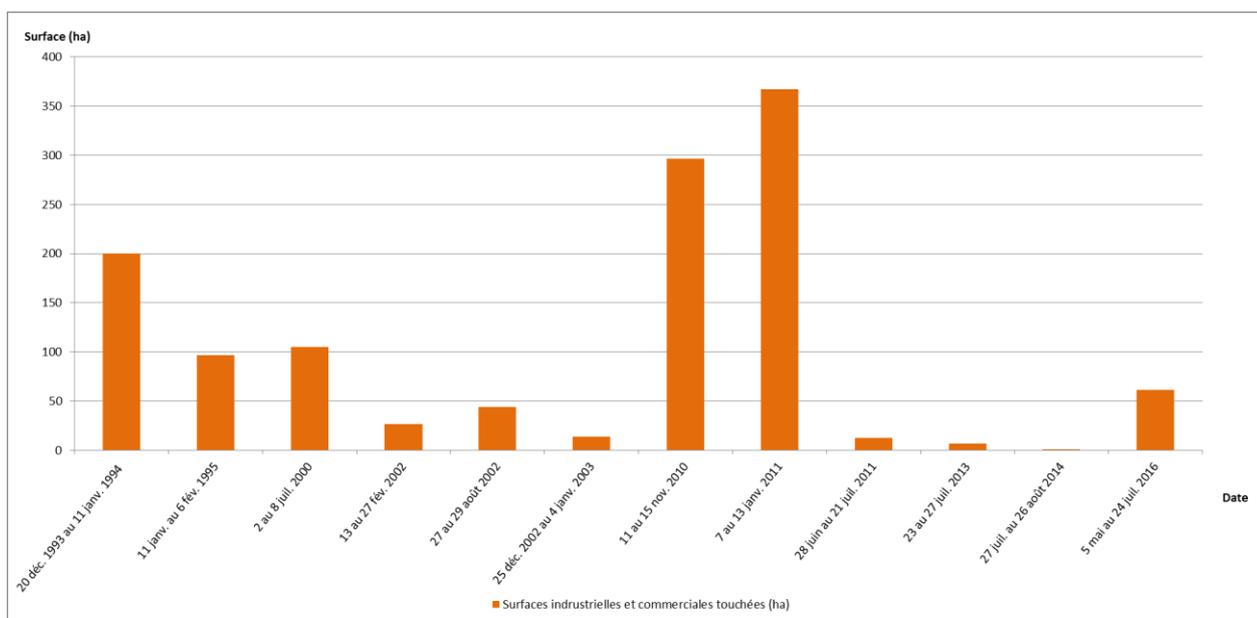


Figure 7 : Estimation de la superficie en ha de zones industrielles et commerciales impactée par les événements

Les crues de novembre 2010 et de janvier 2011 ont été les plus importantes ces dernières années en termes du nombre de cours d'eau sortis de leur lit et d'emprises des zones inondées. Il paraît donc logique que les superficies industrielles et commerciales soient les plus élevées pour ces crues.

- La superficie des zones agricoles dans l'étendue inondée

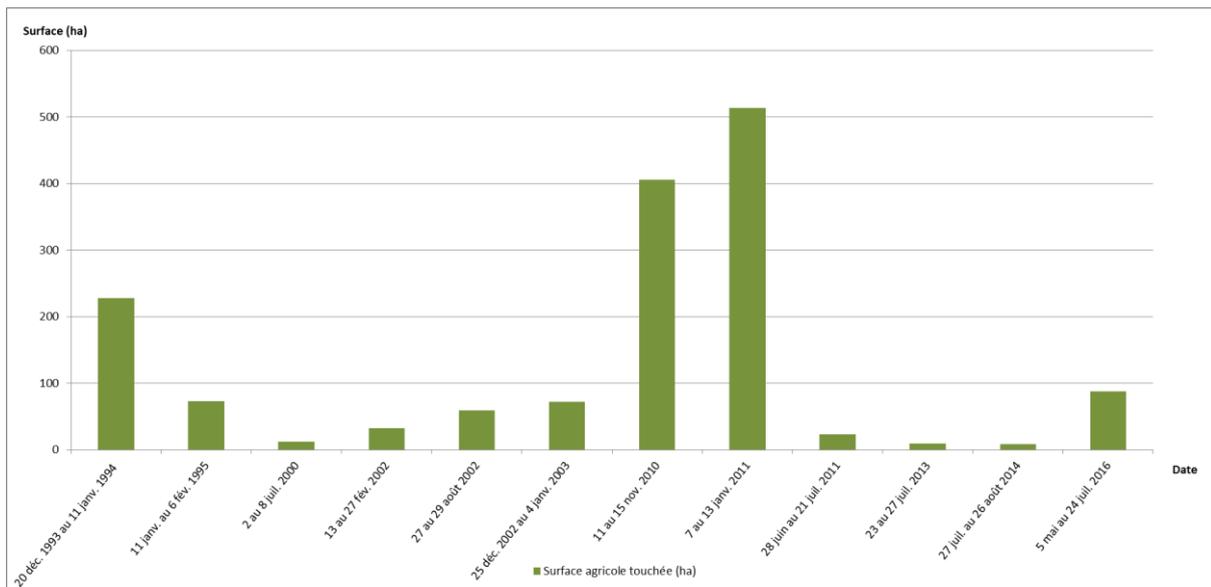


Figure 8 : Estimation de la superficie en ha de zones agricoles impactée par les événements

L'analyse faite pour les superficies agricoles est identique à celle pour les superficies industrielles.

- Le nombre de campings touchés dans l'étendue inondée

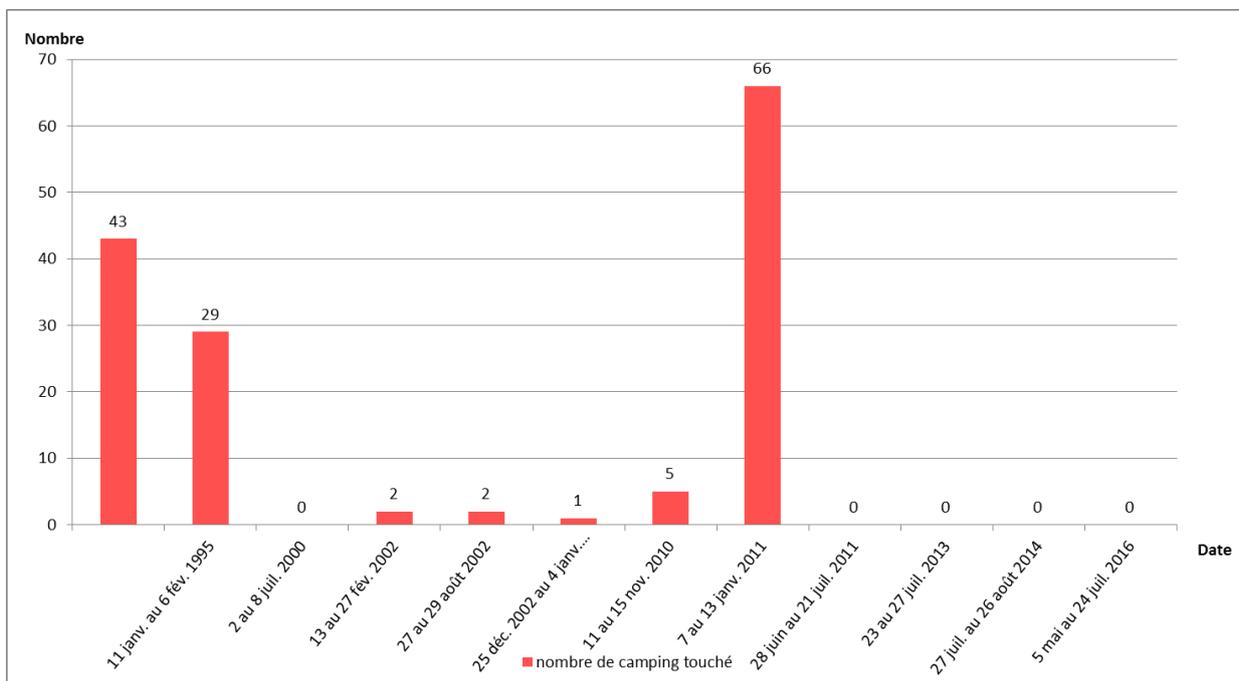


Figure 9 : Estimation du nombre de campings impactés par les événements

Les activités touristiques de type camping sont surtout concentrées le long de la Semois. La Semois a connu des crues importantes en 1993, 1995 et 2011, ceci explique le nombre plus élevé de campings touchés à ces dates.

• Patrimoine culturel

Pour évaluer l'impact sur le patrimoine culturel des événements d'inondation qui se sont produits en Wallonie, les critères retenus sont :

- **Le nombre de bâtiments classés dans l'étendue inondée**

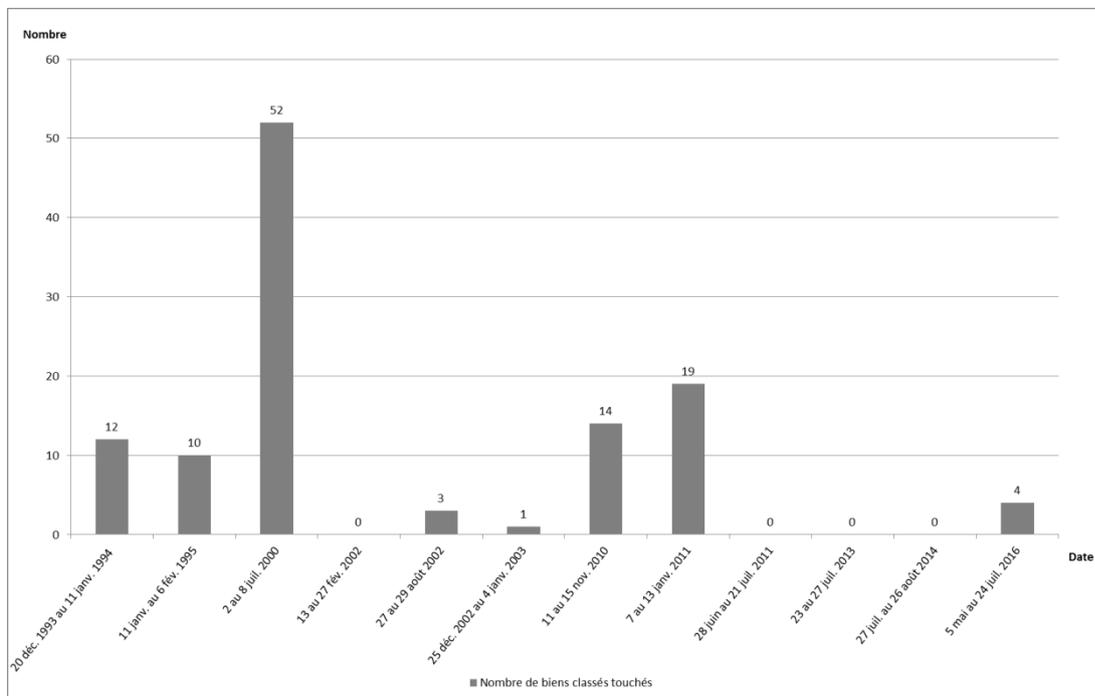


Figure 10 : Estimation du nombre de biens classés impactés par les événements

- **La superficie des zones de protection des biens classés dans l'étendue inondée**

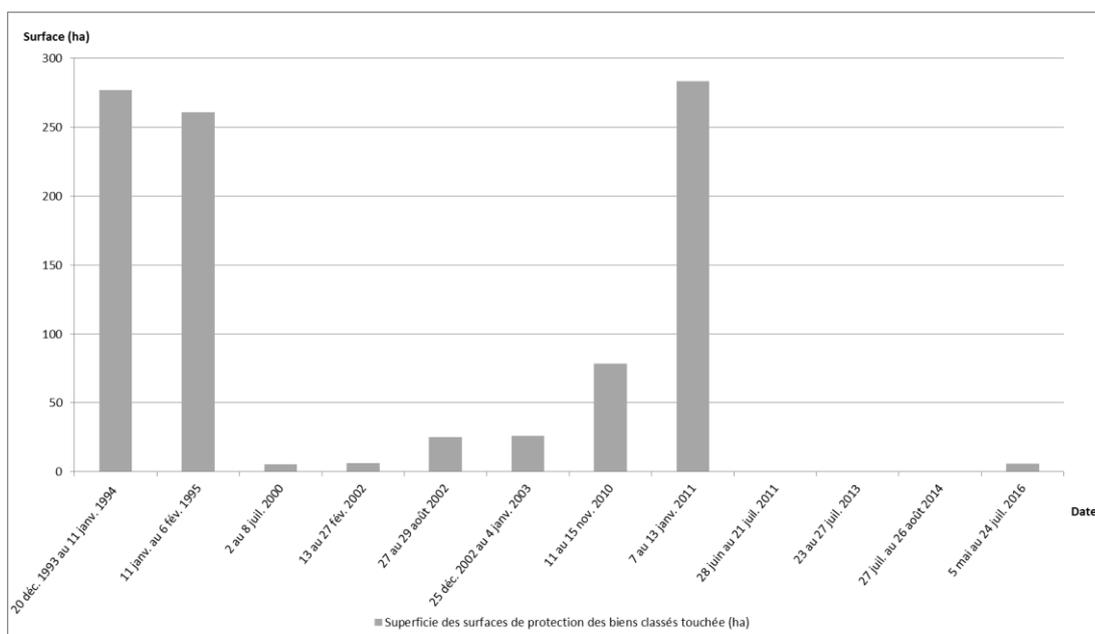


Figure 11 : Estimation de la superficie en ha des zones de protection des biens classés impactée par les événements

A nouveau, les biens classés ont été impactés principalement par les crues de 1993, 1995, 2000, 2010 et 2011.

II.1.1.5. CONCLUSION

En conclusion, les crues qui ont eu les conséquences négatives les plus importantes depuis 1993 sont celles de 2010 et de 2011 par rapport à l'ensemble de la Wallonie et celles de 1993 et de 1995 pour le Sud de la région, soit majoritairement les territoires situés autour de la Semois.

En 2017, la Wallonie n'a pas connu d'évènements d'inondation significatifs.

Entre le 29 avril et le 6 septembre 2018, la Wallonie a connu une période similaire à celle de 2016. De nombreux orages se sont succédé avec des impacts importants sur la population et les cultures agricoles. A l'heure de la finalisation de ce document, il est trop tôt pour tirer des conclusions d'analyse. Cette période sera analysée en détails lors de la prochaine EPRI.

II.1.2. Evènements historiques sans impact significatif

Cette section porte sur les inondations qui se sont produites par le passé et qui n'ont **pas** eu d'impact significatif au moment où elles se sont produites mais qui pourraient en avoir si elles se reproduisaient à l'avenir.

BRell ne reprend, à l'heure actuelle, aucun événement de ce type car ces événements ne font pas l'objet d'un recensement, d'une description exhaustive de la part de l'administration, de la presse, etc.

Ce type d'événement pourrait concerner des zones moins densément peuplées telles que les parties sud et est de la Wallonie. Les inondations récurrentes qui se produisent dans ces régions pourraient provoquer des dommages conséquents si ces zones venaient à être urbanisées de façon importante dans le futur.

II.2. Evènement futurs

Cette section porte sur l'analyse des futures inondations en Wallonie et de leurs impacts potentiels. Elle correspond à l'Article 4.2 (d) de la Directive. Comme exigé par cette dernière, l'influence du changement climatique ainsi que le développement territorial à long terme seront pris en considération.

Pour déterminer l'étendue des zones inondables du scénario $Q_{\text{extrême}}$, deux sources de données ont été utilisées :

- d'une part les résultats du projet AMICE sur la Meuse et la Vesdre intégrant le changement climatique (Q100+30%) ;
- d'autre part les données de la couche géologique de l'Holocène.

Ces deux sources de données existantes sur la Meuse et la Vesdre montrent des résultats similaires. La Région wallonne a donc décidé de prendre les données de la couche géologique de l'Holocène comme référence pour déterminer l'étendue des zones inondables du scénario extrême là où les modélisations hydrauliques (Q100+30%) étaient inexistantes.

II.2.1. Projet AMICE

Le projet "Adaptation de la Meuse aux Impacts des Evolutions du Climat" (AMICE), projet européen INTERREG (2009-2013) unissant les forces de la Belgique, la France, l'Allemagne et les Pays-Bas, s'est penché sur le développement d'une stratégie transfrontalière de réponse aux impacts des changements climatiques. Un des objectifs est **d'évaluer les impacts du changement climatique sur les crues et les étiages au sein du District international de la Meuse**. Dans ce cadre, le projet AMICE cherche principalement à répondre à deux questions. La première s'interroge sur les débits qui peuvent être attendus sur la Meuse et ses principaux affluents. La seconde se demande à quel point les débits de crue et d'étiage pour différentes périodes de retour vont évoluer aux horizons temporels 2021-2050 et 2071-2100.

Il ressort, entre autre, de cette étude que, pour les scénarios les plus extrêmes, une augmentation du débit **de crue centennal de 15 % est attendue pour la période 2021-2050 et de 30 % pour la période 2071-2100** par rapport à la période de référence 1961-1990.

II.2.2. Carte géologique des sols de Wallonie

Cette couche renseigne les sols alluvionnaires formés durant la période géologique de l'Holocène. Les zones renseignées comme telles sont des zones formées à l'échelle temporelle géologique par l'ensemble des dépôts intervenus lorsque ces sols étaient sous eau.

La carte géologique³ dressée entre 1890 et 1919 est disponible sur toute la Belgique ; son échelle est le 1/40.000^{ème}. Une nouvelle carte géologique est en cours d'élaboration (initiation du projet en 1990; couverture totale de la Wallonie prévue pour 2018) ; son échelle est le 1/25.000^{ème}.

³ http://geologie.wallonie.be/site/geoprod/geologie/geol_carte/geol_historique

La couche géologique utilisée dans la présente méthodologie est constituée des sols alluvionnaires renseignés dans la carte géologique au 1/25.000^{ème} lorsqu'elle est disponible, ou à défaut dans la carte géologique au 1/40.000^{ème}.

Cette fusion des deux couches cartographiques existantes limite la couche résultante à l'échelle la plus critique à savoir le 1/40.000^{ème}.

Pour cette donnée, la valeur de submersion (hauteur d'eau) n'est pas connue.

II.2.3. Evaluation des conséquences négatives potentielles des inondations futures

Pour analyser les conséquences négatives potentielles des inondations futures, la couche cartographique représentant l'étendue des zones inondables pour le scénario $Q_{\text{extrême}}$ a été croisée avec le principal outil de planification urbanistique en Wallonie, au niveau régional, c'est-à-dire le Plan de secteur.

L'objet principal du Plan de secteur est de définir les affectations du sol au 1/10 000^{ème}, afin d'assurer le développement des activités humaines de manière harmonieuse et d'éviter la consommation abusive de l'espace⁴. Ce choix intègre donc totalement le développement territorial à long terme. De plus, comme expliqué précédemment, l'utilisation du scénario extrême des zones inondables ($Q_{\text{extrême}}$) intègre le changement climatique et est destiné à devenir à l'horizon 2100, le scénario de période de retour 100 ans.

Dans les cas des axes de concentration de ruissellement, une zone tampon de 20 mètres autour de l'axe a été appliquée afin de réaliser l'analyse.

II.2.3.1. ZONES DESTINÉES À L'URBANISATION

Au Plan de secteur, les zones destinées à l'urbanisation, définies à l'Art.D.II.23 du CoDT, sont les suivantes :

- la zone d'habitat (Art. D.II.24);
- la zone d'habitat à caractère rural (Art. D.II.25) ;
- la zone de services publics et d'équipements communautaires (Art. D.II.26);
- la zone de loisirs (Art. D.II.27);
- les zones d'activité économique mixte (Art. D.II.29);
- les zones d'activité économique industrielle (Art. D.II.30);
- les zones d'activité économique spécifique (Art. D.II.31);
- les zones d'aménagement communal concerté à caractère économique (Art. D.II.32) ;
- la zone de dépendances d'extraction (Art. D.II.33);
- la zone d'enjeu régional (Art. D.II.34);
- la zone d'enjeu communal (Art. D.II.35);

⁴ http://lamppw.wallonie.be/dgo4/site_aménagement/site/directions/dar/pds

A ces zones, il faut ajouter les zones d'aménagement communal concerté (Zacc) car elles sont destinées à recevoir toute affectation visée aux alinéas 2 et 3.

Tableau 3 : Zones destinées à l'urbanisation, Zacc et Zacc à caractère industriel face au scénario extrême

DHI	Nom du sous-bassin hydrographique	Surface du Sous-Bassin Hydrographique (Km ²)	Superficie des zones inondables par débordement et ruissellement du scénario Q _{extrême} pour le Sous-Bassin (Km ²)	Superficie des zones urbanisables du Sous-Bassin dans l'emprise du Q _{extrême}
Escaut	Dendre	668,6	98,9	15,5
	Dyle-Gette	949,7	99,5	32,0
	Escaut-Lys	775,3	145,3	23,0
	Haine	803,1	153,0	42,3
	Senne	576,1	69,5	19,2
Meuse	Amblève	1075,2	65,0	12,6
	Lesse	1338,6	122,7	13,5
	Meuse amont	1840,6	157,1	22,2
	Meuse aval	2017,5	222,2	86,3
	Ourthe	1845,7	190,4	36,0
	Sambre	1704,8	193,1	61,6
	Semois-Chiers	1760,0	222,2	40,3
	Vesdre	696,4	42,5	13,8
Rhin	Moselle	770,6	72,8	7,9
Seine	Oise	80,2	8,1	0,3
	Wallonie	16902,4	1862,4	426,5

Le tableau ci-dessus (Tableau 3) indique que le sous-bassin hydrographique de la Meuse aval est celui qui en termes de superficie est le plus impacté par le scénario extrême : 86,3 km² de zones destinées à l'urbanisation se trouveront en zone inondable (Q_{extrême}). La Sambre est le deuxième sous-bassin le plus impacté en termes de surface, suivi par la Haine, avec respectivement 61,6 km² et 42,3 km².

Au niveau de la Wallonie, 426,5 km² de zones destinées à l'urbanisation se situent en zones inondables (Q_{extrême}).

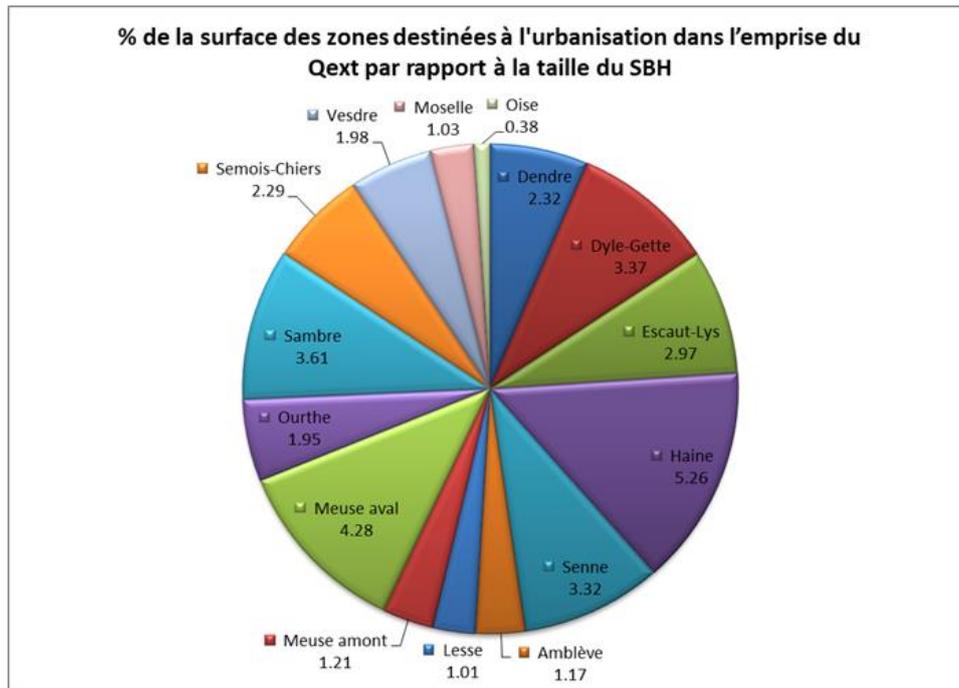


Figure 12 : Pourcentage de la surface des zones destinées à l'urbanisation dans l'emprise $Q_{\text{extrême}}$ par rapport à la surface totale du sous-bassin

Au niveau de la proportion de zones destinées à l'urbanisation en zone inondable ($Q_{\text{extrême}}$) par rapport à la taille totale du sous-bassin (Figure 12), c'est le sous-bassin hydrographique de la Haine pour lequel ce taux est le plus élevé. Il est plus de deux fois plus important que la valeur régionale. 2,52 % du territoire wallon est composé de zones destinées à l'urbanisation inscrites dans l'emprise du scénario extrême.

Les sections suivantes détaillent ces chiffres liés à l'urbanisation en zones destinées à l'habitat et à l'industrie.

- **Zones destinées à l'habitat**

Les zones d'habitat reprises au Plan de secteur sont les zones d'habitat proprement dites et les zones d'habitat à caractère rural. Au niveau de la Wallonie, 286,6 km² de zones destinées à l'habitat se situent en zones inondables sous le scénario extrême ($Q_{\text{extrême}}$) et seront potentiellement impactées par le changement climatique en plus des zones déjà impactées actuellement.

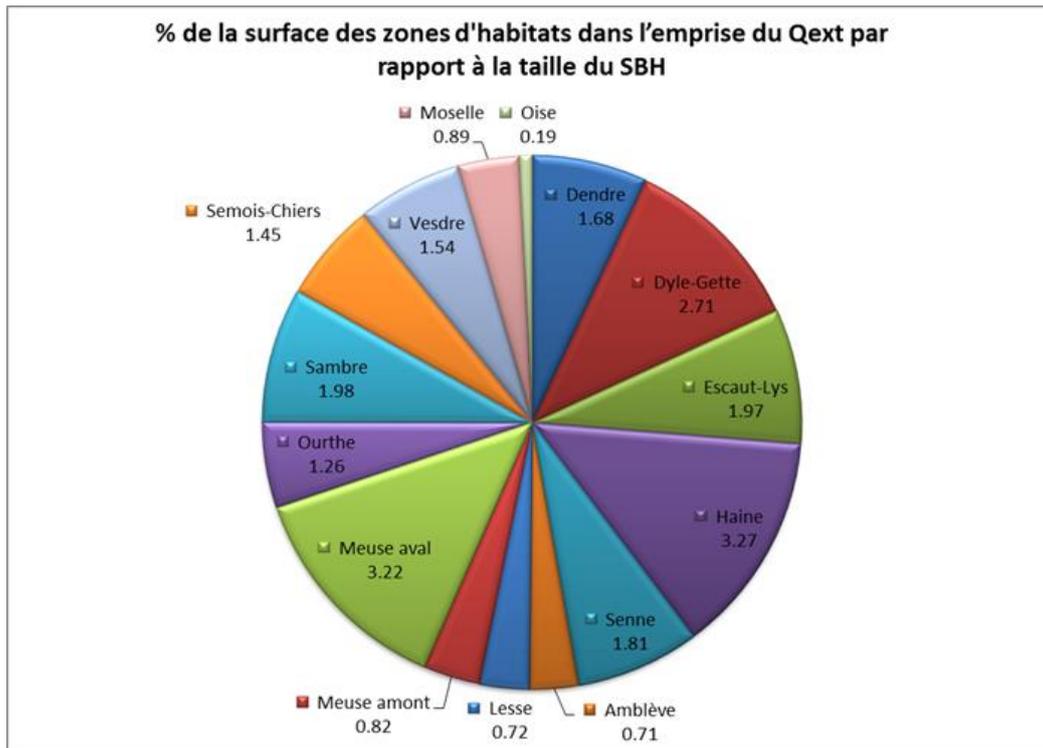


Figure 13 : Pourcentage de la surface des zones d'habitat dans l'emprise $Q_{\text{extrême}}$ par rapport à la surface totale du sous-bassin

1,70 % du territoire wallon est inscrit en zones d'habitat au Plan de secteur dans l'emprise du scénario extrême des zones inondables.

- **Zones d'activités économiques**

Les zones d'activités économiques au Plan de secteur reprennent :

- Activité économique mixte ;
- Activité économique industrielle ;
- Activité économique spécifique ;
- La zone de dépendance d'extraction ;
- La zone d'aménagement communal concerté à caractère économique.

Au niveau de la Wallonie, 76,5 km² de zones industrielles et commerciales se situent en zones inondables sous le scénario extrême ($Q_{\text{extrême}}$) et seront potentiellement impactées par le changement climatique en plus des zones déjà impactées actuellement.

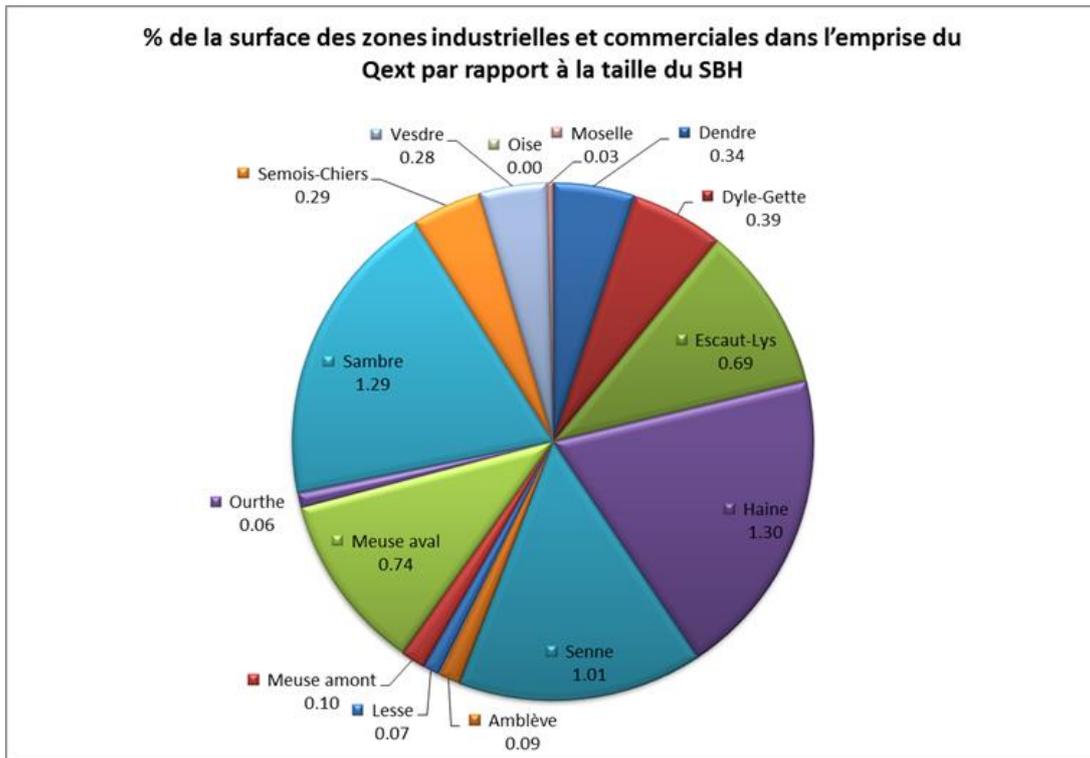


Figure 14 : Pourcentage de la surface des zones industrielles et commerciales dans l'emprise $Q_{\text{extrême}}$ par rapport à la surface totale du sous-bassin

0,45 % du territoire wallon est composé de zones industrielles inscrites dans l'emprise du scénario extrême.

II.2.3.2. ZONES DESTINÉES À L'AGRICULTURE

Les zones agricoles au Plan de secteur sont des zones destinées à l'agriculture (production, élevage, culture,...) et sur lesquelles les seules constructions admises sont celles indispensables à l'exploitation et au logement des exploitants dont l'agriculture constitue la profession.

Tableau 4 : Zones agricoles analysées face au scénario extrême

DHI	Nom du sous-bassin hydrographique	Surface du sous-bassin hydrographique (Km ²)	Superficie des zones inondables par débordement et ruissellement du scénario Q _{extrême} pour le Sous-Bassin (Km ²)	Superficie des zones agricoles du Sous-Bassin dans l'emprise du Q _{extrême}
Escaut	Dendre	668,6	98,9	58,1
	Dyle-Gette	949,7	99,5	38,9
	Escaut-Lys	775,3	145,3	89,9
	Haine	803,1	153,0	61,8
	Senne	576,1	69,5	33,8
Meuse	Amblève	1075,2	65,0	25,0
	Lesse	1338,6	122,7	53,2
	Meuse amont	1840,6	157,1	72,8
	Meuse aval	2017,5	222,2	89,7
	Ourthe	1845,7	190,4	85,8
	Sambre	1704,8	193,1	72,9
	Semois-Chiers	1760,0	222,2	97,7
	Vesdre	696,4	42,5	13,8
Rhin	Moselle	770,6	72,8	39,0
Seine	Oise	80,2	8,1	4,0
	Wallonie	16902,4	1862,4	836,4

Le tableau ci-dessus (Tableau 6) indique que le sous-bassin hydrographique de la Semois-Chiers est celui qui en termes de superficie agricole est le plus impacté par le scénario extrême : 97,7 km² de zones agricoles se trouvent en zone inondable (Q_{extrême}). Le sous-bassin de l'Escaut-Lys est le deuxième sous-bassin le plus impacté en termes de valeur absolue, suivi par la Meuse aval, avec respectivement 89,9 km² et 89,7 km².

Au niveau de la Wallonie, 836,4 km² de zones agricoles se situent en zones inondables sous le scénario extrême(Q_{extrême}) et seront potentiellement impactées par le changement climatique en plus des zones déjà impactées actuellement.

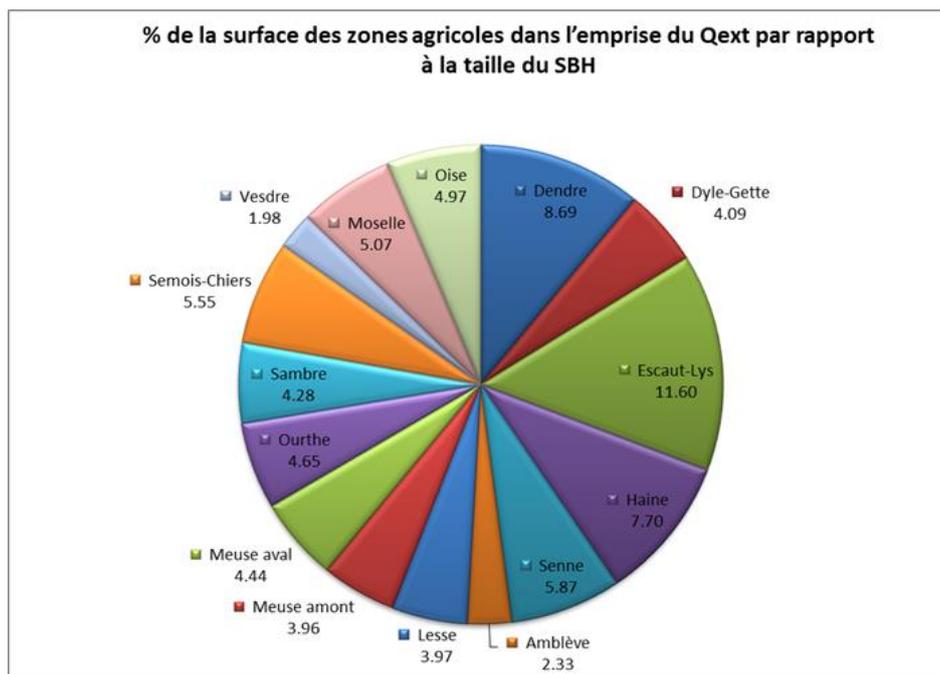


Figure 15 : Pourcentage de la surface des zones agricoles dans l'emprise $Q_{\text{extrême}}$ par rapport à la surface totale du sous-bassin

Au niveau de la proportion de zones agricoles en zone inondable ($Q_{\text{extrême}}$) par rapport à la taille totale du sous-bassin, c'est le sous-bassin hydrographique de l'Escaut-Lys pour lequel ce taux est le plus élevé.

4,95 % du territoire wallon est composé de zones agricoles inscrites dans l'emprise du scénario extrême.

II.2.3.3. SYNTHÈSE DES CONSÉQUENCES NÉGATIVES

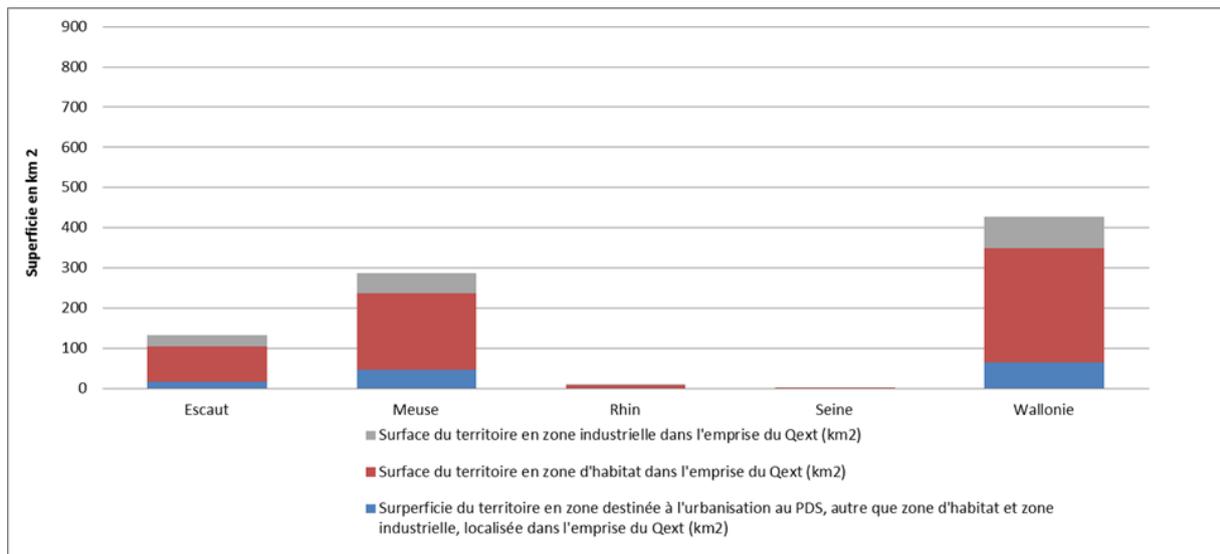


Figure 16 : Synthèse de l'influence des inondations futures et du type de zones affectées au Plan de secteur

Le district le plus impacté dans le futur par les inondations sera celui de la Meuse qui possède également la plus grande superficie correspondant à 73 % du territoire total de la Wallonie. Ce District Hydrographique International accueille des grandes villes comme Liège, Namur et Charleroi, toutes situées le long du cours principal de la Meuse ou de ses affluents (Sambre). Au niveau wallon, un peu plus de 400 km² de zones destinées à l'urbanisation se trouvent en zones inondables pour le scénario extrême.

Comme l'indique la figure suivante, 5% des zones agricoles et 2,6% des zones destinées à l'urbanisation en Wallonie sont situées dans l'emprise du scénario Q_{extrême} des zones inondables.

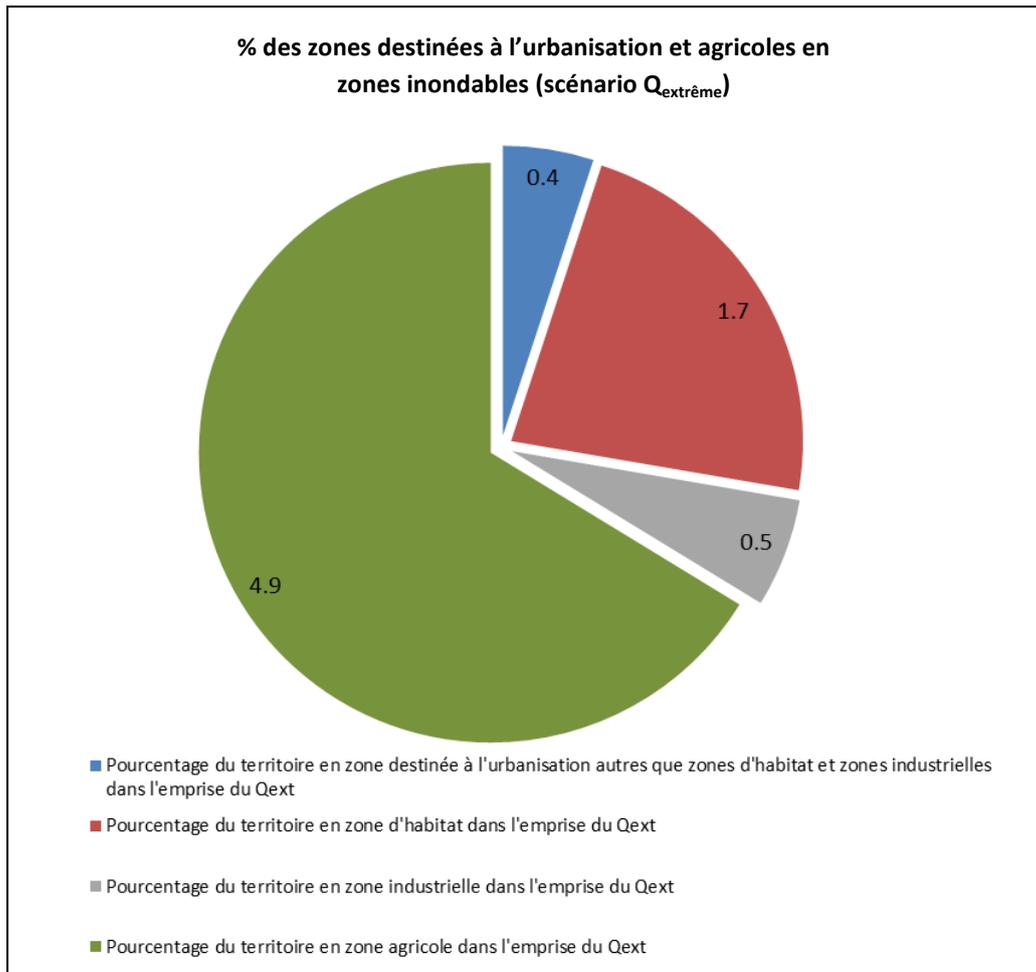
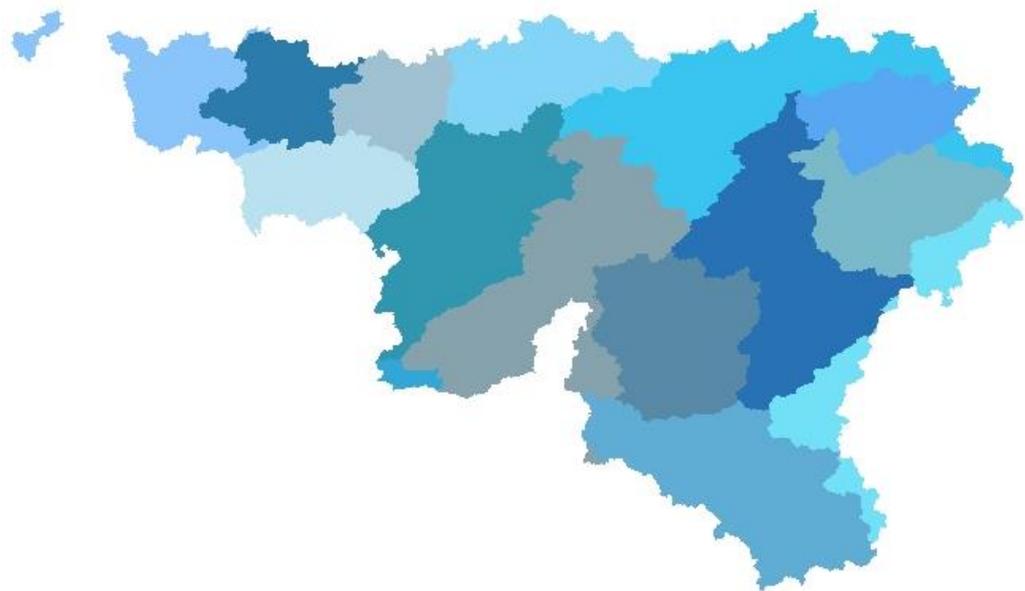


Figure 17 : Pourcentage des zones destinées à l'urbanisation et agricoles en zones inondables (scénario Q_{extrême})

III. ZONES À RISQUE POTENTIEL SIGNIFICATIF D'INONDATION



III.1. Méthodologie de détermination des APSFR

Suite à la réalisation de l'évaluation préliminaire, il s'avère que l'ensemble du territoire de la Région wallonne est sensible aux inondations. En effet, l'évaluation préliminaire montre que la totalité des communes a déjà connu au moins un évènement d'inondation depuis 1993. Chacun des sous-bassins hydrographiques wallons est donc identifié comme étant une zone à risque potentiel significatif d'inondation (APSFR). Il en va de même pour les Régions flamande et bruxelloise. La Belgique reste cohérente par rapport à l'approche choisie au premier cycle de la mise en œuvre de la Directive Inondation, à savoir que la totalité de son territoire est concerné par le risque d'inondation.

En termes de représentation cartographique, toujours en coordination avec la Flandre et Bruxelles, chaque zone à risque potentiel significatif d'inondation est symbolisée par un point au centroïde du sous-bassin hydrographique (figure 17).

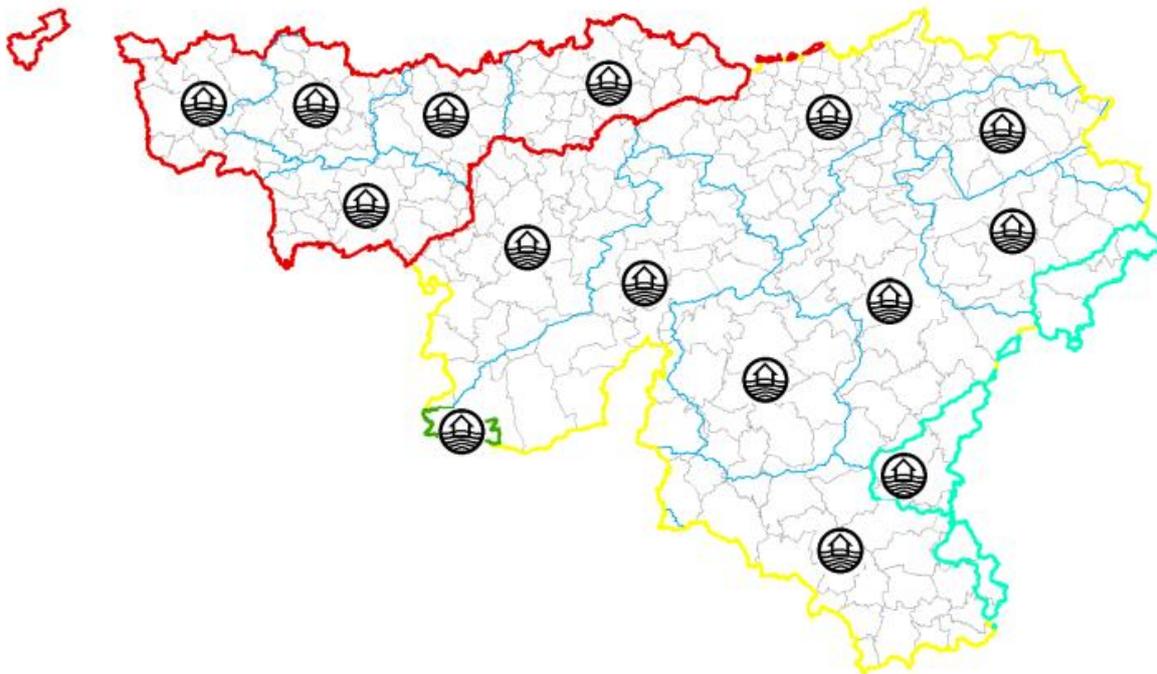


Figure 18 - APSFR

III.2. Concertation transfrontalière

- Pour le DHI de la Meuse, la concertation s'est opérée par le biais de la Commission Internationale de la Meuse (CIM) et son groupe de travail « Hydrology » mais également par la mise en place de réunions pour échanger les informations ainsi que les données quant aux différents évènements d'inondation à rapporter (réunion - octobre 2018).
- Pour le DHI de l'Escaut, la concertation s'est également opérée par le biais de la Commission Internationale de l'Escaut (CIE).

- Pour le DHI du Rhin, les échanges se sont opérés via la Commission Internationale pour la Protection de la Moselle et de la Sarre (CIPMS). L'échange d'informations concernant les cours d'eau à risques significatifs a été effectué par mails. Des réunions bilatérales seront programmées dans le cas où des modifications devraient être apportées par rapport au cycle 1. Une réunion s'est tenue avec la France et le Luxembourg le 18 octobre 2018.
- Pour le DHI de la Seine, la concertation s'est opérée de manière bilatérale avec la France sans la tenue d'une commission particulière.

IV. CHANGEMENT CLIMATIQUE



IV.1. Intégration du changement climatique

IV.1.1. Le climat en Wallonie

Depuis presque 200 ans, l'Institut Royal Météorologique (IRM) enregistre les paramètres climatiques de manière répétitive et scientifique en Belgique. Cette longue série de mesures permet de comparer les observations actuelles avec celles de la période 1850-1899.

Le graphique ci-dessous indique qu'en moyenne, la température a augmenté de 2°C par rapport à cette période.

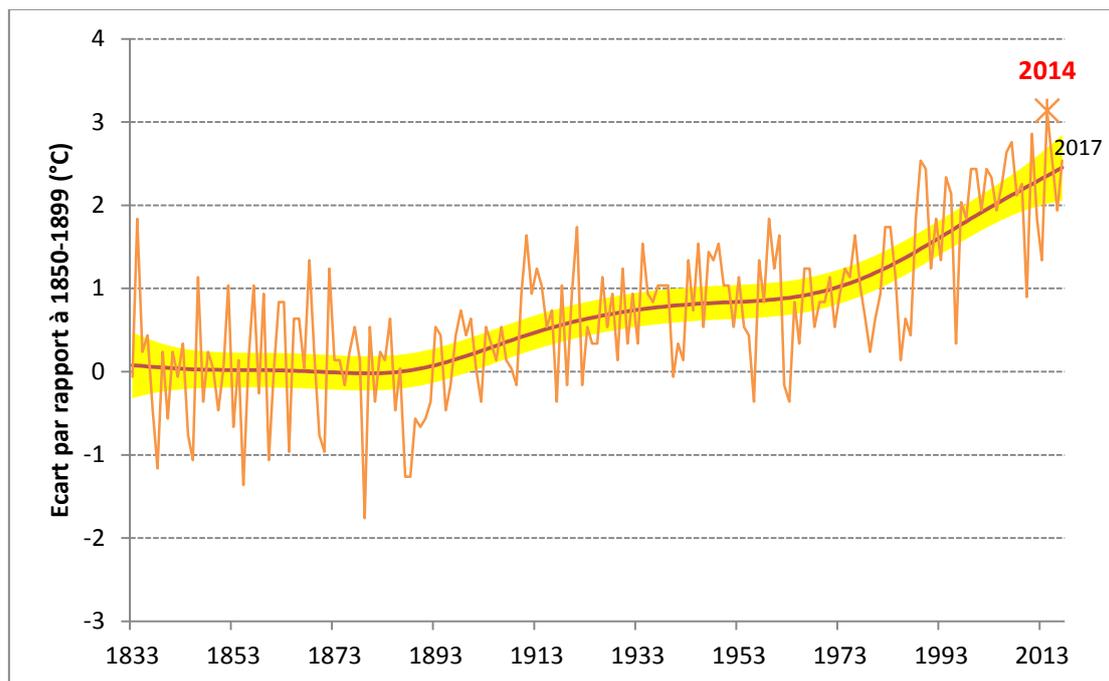


Figure 19 : Le climat d'hier à aujourd'hui (source : AwAc sur base des données de l'IRM – station d'Uccle)

Cette tendance nette à la hausse observée dans le passé est amenée à se prolonger dans le futur.

Concernant les précipitations, les valeurs annuelles sont plus variables. Cependant, il semblerait que les volumes de précipitations annuelles suivent une tendance à la hausse d'environ 0,5 cm tous les 10 ans⁵.

De nombreux scientifiques étudient des scénarios climatiques futurs afin de simuler cette évolution.

⁵ <https://www.milieurapport.be/milieuthemas/klimaatverandering/neerslag-verdamping/jaarlijkse-neerslag>

IV.1.2. Description des scénarios climatiques⁶

La plupart des études cherchant à évaluer le changement climatique se basent sur les scénarios d'émission de gaz à effet de serre développés par le GIEC. Ces scénarios sont intégrés au sein de modèles de circulation générale.

Les modèles de circulation générale permettent entre autre de simuler les circulations atmosphériques et océaniques ainsi que leurs interactions. Etant donné les faibles résolutions spatiales et temporelles de ces modèles, il est **impossible** d'en utiliser directement les résultats pour des analyses de l'impact du changement climatique à l'échelle de petits bassins versants. Différentes méthodes de **réduction d'échelle** sont utilisées afin d'adapter les résultats des modèles de circulation générale à des échelles plus locales.

Deux grandes familles de scénarios ont été développées par le GIEC.

La première est utilisée dans les troisième et quatrième rapports du GIEC, parus respectivement en 2001 et 2007. Elle est constituée de quatre types de scénarios d'émission de gaz à effet de serre pour le XXI^{ème} siècle : les scénarios A1, A2, B1 et B2 (Meehl et al., 2007; Météo France, nd). Ceux-ci correspondent à une traduction en termes d'émission de gaz à effet de serre de différentes évolutions socioéconomiques possibles de la société.

- La famille de scénario A1 est composé de 3 sous-scénarios : A1F1; A1T; A1B. Cette famille postule une **croissance très rapide** et répartie de façon homogène sur la planète. La population mondiale atteint **9 milliards** d'individus au milieu du siècle pour décliner ensuite. Les variantes viennent de l'utilisation plus ou moins intense des combustibles fossiles.
- La famille de scénario A2 prévoit un monde beaucoup plus **hétérogène**. La croissance économique et le développement des technologies énergétiquement efficaces sont très variables selon les régions. La croissance de la population est rapide et atteint **15 milliards** à la fin du siècle.
- La famille de scénario B1, quant à elle, correspond à un monde qui se tourne plus vers le **développement durable** et qui cherche des solutions à l'échelle locale pour atteindre ce développement durable. Ce scénario est caractérisé par une croissance économique et une croissance de la population **modérées**. Les hypothèses de croissance de population sont identiques que les scénarios A1.
- Enfin, la famille de scénario B2 décrit un monde à **mi-chemin** entre les scénarios A1 et A2 sur les plans économiques et technologiques. La population atteint **10 milliards** d'individus à l'horizon 2100 (Figure 20).

⁶ Rapport de stage effectué au sein du SPW(DO223) sur le thème de l'impact du changement climatique sur les débits de crues et d'étiage sur la partie wallonne du bassin de l'Escaut., Alyssa Thonner, 2017.

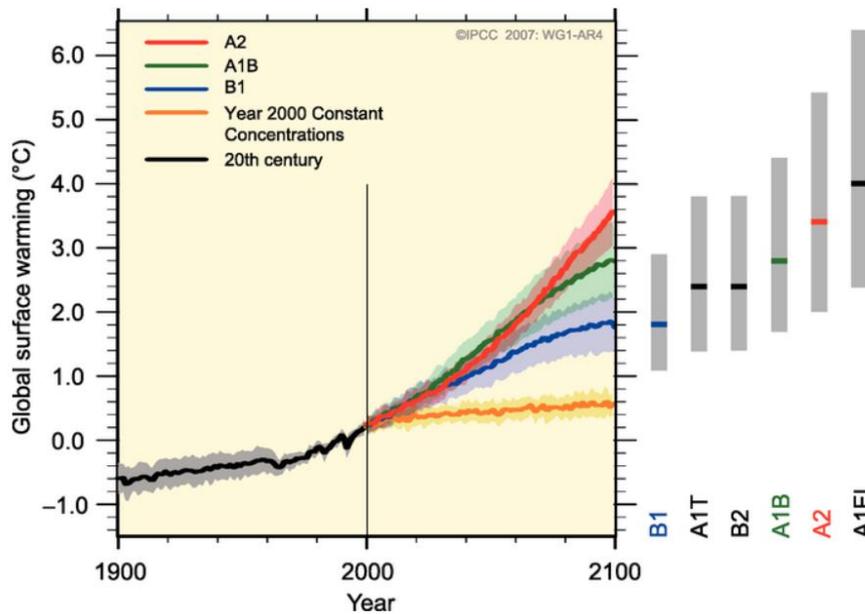


Figure 20 : Gammes d'évolution du réchauffement climatique définies par les scénarios socio-économiques par rapport à la période 1980-1999 pour les différentes familles de scénarios d'émission des troisième et quatrième rapports du GIEC. Source : Meehl et al., 2007.

Dans son cinquième et dernier rapport en date (paru en 2014), le GIEC a développé une nouvelle famille de scénarios climatiques (Météo France, nd; Pachauri et al., 2014). Cette famille de scénarios se base sur la définition de "**profils représentatifs d'évolution de concentration**" (ou RCP). Ces profils sont issus de l'élaboration a priori de quatre trajectoires d'émission et de concentration de gaz à effet de serre. Ces quatre trajectoires ont été traduites en termes d'évolution du bilan radiatif de la planète à l'**horizon 2300**. Ce bilan correspond à la différence entre le rayonnement solaire reçu par la Terre et le rayonnement infrarouge émis par celle-ci.

Quatre profils RCP ont été déterminés :

- RCP2.6,
- RCP4.5,
- RCP6
- et RCP 8.5.

Ces profils correspondent à une évolution différente de forçage à l'horizon 2100 (par rapport aux valeurs pré-industrielles). Plus la valeur de forçage prévue est importante, plus le bilan radiatif de la Terre est positif et plus le réchauffement de la planète est important. La Figure 21 résume l'impact de ces quatre scénarios d'un point de vue réchauffement climatique à l'échelle du globe.

Il est à noter que, même si les scénarios RCP s'étendent jusqu'en 2300, à l'horizon 2100 les deux grandes familles de scénarios se recouvrent partiellement (Figure 22) (Météo France, nd).

Il est également à noter que le scénario RCP2.6, qui correspond au scénario dans lequel les politiques permettent de limiter le réchauffement global à 2 °C, n'a pas d'équivalent dans l'ancienne famille de scénarios d'émissions.

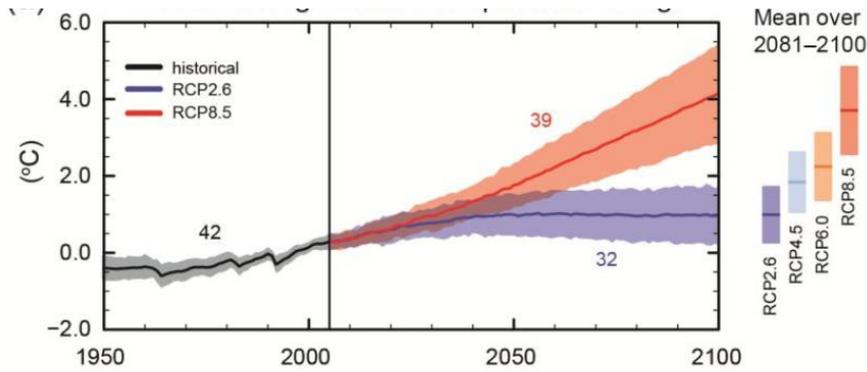


Figure 21 : Evolution des températures à l'horizon 2300 pour les différentes familles de scénarios RCP (Source : Pachauri et al., 2014).

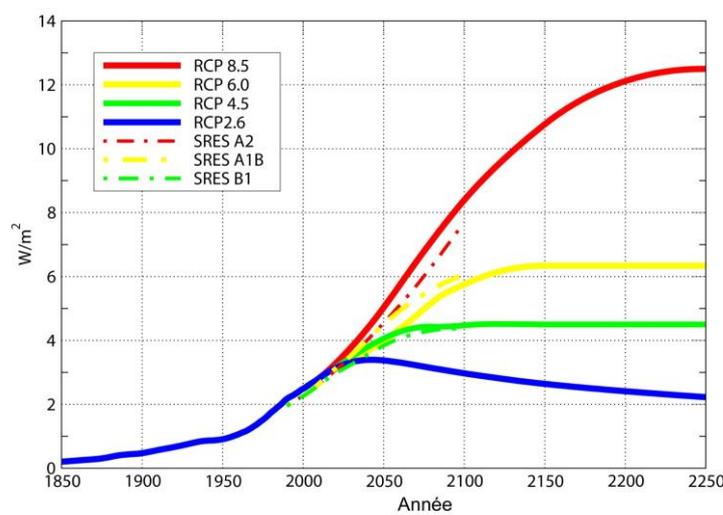


Figure 22 : Comparaison de l'évolution du forçage radiatif pour les différentes familles de scénarios (Source : Météo France, n.d.)

IV.1.3. Projections climatiques régionales

Etant donné que la Belgique est petite à l'échelle des zones climatiques, il est important de d'abord regarder les tendances d'évolution du climat à **l'échelle de l'Europe**. A l'échelle européenne, tous les modèles du GIEC prévoient pour tous les scénarios d'émission un **réchauffement global significatif de température pour toute l'Europe** (Valentini et al., 2014).

Le réchauffement durant les mois d'été (juin-juillet-août) est le plus marqué dans le Sud de l'Europe et, durant les mois d'hiver (décembre-janvier-février) dans le Nord de l'Europe. Les **prédictions de précipitations** futures, quant à elles, **varient** fortement en fonction des régions et des saisons considérées. De manière globale, les tendances suggèrent une **diminution des précipitations estivales** jusqu'au Sud de la Suède et une **augmentation globale des précipitations en hiver**.

Cependant les tendances sont peu claires en Europe continentale.

En plus de ces tendances globales, le GIEC prévoit également une **augmentation importante des événements extrêmes** tels que les vagues de chaleur, les sécheresses et les événements de **précipitations intenses**. Si les projections de précipitations varient régionalement, une augmentation des précipitations extrêmes pour toutes les saisons est très probable dans le Nord de l'Europe.

A l'échelle de la Belgique, quelques études menées avec les anciens scénarios d'émission issus du quatrième rapport du GIEC cherchent à prédire l'évolution des températures à l'horizon 2100. Toutes prédisent une **augmentation globale des températures** à cet horizon temporel. Quel que soit le scénario d'émission utilisé par les différents modèles climatiques, les températures ont tendance à augmenter au cours du XXI^{ème} siècle, quelle que soit la saison considérée (Marbaix and Van Ypersele, 2004). Cette augmentation diffère toutefois en fonction du scénario d'émission considéré (Marbaix and Van Ypersele, 2004).

Entre la fin du XX^{ème} siècle et du XXI^{ème} siècle, pour le scénario B2, en fonction du modèle utilisé, l'augmentation de température va de 1,7 °C à 4,6°C en hiver et de 2,4°C à 4,6°C en été (Marbaix and Van Ypersele, 2004). Pour la même période, le scénario A2 prévoit une augmentation hivernale des températures entre 2,9°C et 4,9°C et une augmentation estivale allant de 3,1°C à 6,6°C (Marbaix and Van Ypersele, 2004).

D'après un autre projet, le projet CCI-HYDR en 2008, qui cherche à synthétiser les scénarios climatiques pertinents à l'échelle de la Belgique en étudiant les résultats des modèles régionaux du projet européen PRUDENCE, à l'horizon 2070-2100, les températures augmenteraient également pour toutes les saisons, quel que soit le scénario utilisé (Degré and Bauwens, 2009) :

- pour le scénario **humide le plus extrême** : les gammes d'élévation de températures issues de cette étude s'étendent entre 1,57°C et 1,84°C en hiver et 2,12°C et 2,79°C en été ;
- pour un scénario impliquant un changement climatique **qualifié de moyen** : cette gamme d'augmentation de températures s'étend de 2,92°C à 3,32°C en hiver et 3,09°C et 4,68°C en été ;
- pour le scénario **sec le plus extrême** : la gamme d'augmentation de températures pour la Belgique s'étendrait entre 3,85°C et 4,88°C en hiver et 3,74°C et 8,12°C en été.

En ce qui concerne l'évolution des **précipitations** en Belgique pour la fin du siècle, les tendances sont **moins nettes** et des divergences marquantes sont observées en fonction des études et modèles utilisés :

- Selon Marbaix et Van Ypersele (2004), à l'horizon 2100, l'évolution des précipitations serait marquée par une augmentation entre **6 % et 23 % des précipitations hivernales** et par une diminution des précipitations estivales **allant jusqu'à 50 %**. Cette large gamme pourrait s'expliquer par les limitations des modèles qui ne peuvent actuellement pas prédire précisément l'occurrence des précipitations. Elle s'explique également par l'importante variabilité naturelle des précipitations en été (Marbaix and Van Ypersele, 2004).
- D'après le projet CCI-HYDR, toujours à l'horizon 2100, les précipitations hivernales augmenteraient jusqu'à **66 % dans le cas du scénario le plus humide** mais diminueraient jusqu'à **6 % dans le cadre du scénario le plus sec** (Degré and Bauwens, 2009). Les précipitations estivales, quant à elles, pourraient augmenter de 12 % dans le scénario le plus humide et diminuer jusque 54 % pour le scénario le plus sec.

Malgré ces divergences, les différentes études s'accordent sur le fait que les précipitations, à l'horizon 2100, seront d'une part plus nombreuses mais également plus intenses (Baguis et al., 2010b; Madsen et al., 2014).

En résumé, l'évolution future des précipitations semble bien plus incertaine que celle des températures à l'échelle de la Belgique. En effet, pour tous les scénarios d'émission de gaz à effet de serre et quel que soit le modèle utilisé, **les températures ont tendance à augmenter d'ici la fin du siècle alors que l'évolution des précipitations semble différer en fonction des saisons et du**

scénario considéré. Dans le cas où l'augmentation prévue de température se combine à une augmentation de l'évapotranspiration et à une diminution des précipitations, des problèmes importants de disponibilité de ressources en eau peuvent être attendus (Degré and Bauwens, 2009).

Plus récemment, le projet COordinated Regional Climate Downscaling EXperiment and beyond" réalisé pour la Belgique (CORDEX.be) cherche à affiner encore à l'échelle régionale les résultats des modèles de circulation générale qui ont mené au cinquième rapport du GIEC. Ce projet local a pour but général de rassembler les recherches actuelles au niveau belge dans le domaine de la modélisation climatique et cela, afin de créer une base scientifique cohérente pour les futurs services climatologiques en Belgique. Plus spécifiquement, ce projet a entre autres pour objectif de contribuer au projet européen Euro-CORDEX et d'aller au-delà de ce projet en réalisant pour la Belgique, des projections climatiques à échelle plus fine (4 km de résolution) afin de pouvoir, par exemple, étudier l'impact du changement climatique sur la production agricole ou sur les ondes de tempêtes (Van Schaeybroeck et al., 2017).

Les données issues de ce projet sont des données journalières qui comprennent des valeurs de température maximale et minimale, de précipitation, d'humidité relative, de rayonnement solaire et de vitesse du vent. Ces données sont disponibles pour une période de référence qui s'étend de 1975 à 2005. Elles sont également disponibles entre 2007 et 2100 pour trois scénarios d'émission du dernier rapport du GIEC. Ces scénarios sont les scénarios de profils représentatifs d'évolution de concentration.

Les trois scénarios considérés par le projet CORDEX.be sont les deux scénarios extrêmes (le scénario RCP8.5 qui prévoit un forçage de $+8.5 \text{ W/m}^2$ à l'horizon 2100 et le scénario RCP2.6 qui prévoit un forçage de $+2.6 \text{ W/m}^2$ au même horizon) ainsi qu'un scénario intermédiaire (le scénario RCP4.5 qui prévoit un forçage de $+4.5 \text{ W/m}^2$ à l'horizon 2100). Le scénario le plus optimiste (RCP 2.6), ne prévoit qu'un réchauffement limité à moins de $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Le scénario le plus pessimiste (RCP 8.5) quant à lui, prévoit un réchauffement de plus de **$3 \text{ }^\circ\text{C}$ en Belgique** (météo.be).

IV.1.4. Projections hydrologiques futures pour la Wallonie (Escaut, Meuse et Rhin)

De manière générale, il est important de savoir que la réponse de chaque bassin versant à des variations prédites des variables climatiques est influencée par différents facteurs (Madsen et al., 2014). Un de ces facteurs est le mécanisme **principal générateur des inondations au sein du bassin versant**. En effet, l'impact du réchauffement et de l'augmentation des précipitations sera différent pour un bassin versant dans lequel les inondations sont principalement induites par la pluie que pour un bassin versant où elles sont liées à la fonte de neige. D'autres facteurs provoquant une réponse différenciée des bassins versants au changement climatique sont par exemple la taille du bassin versant et sa topographie.

Il est également important de savoir que le type de modèle hydrologique utilisé pour simuler les situations hydrologiques futures doit être pris en compte lors de l'analyse des résultats. En effet, pour simuler les situations hydrologiques futures, de nombreux modèles différents sont utilisés. Les domaines et les types de processus modélisés diffèrent en fonction du type de modèle utilisé (Degré and Bauwens, 2009).

A l'échelle européenne, étant donné l'hétérogénéité des différentes régions, il est impossible d'obtenir une conclusion globale et unique exprimant l'impact du changement climatique sur les débits (Madsen et al., 2014). Cependant, les projections climatiques qui prévoient une augmentation globale des précipitations extrêmes prévoient également une augmentation des pics de crue pour de nombreuses régions en Europe. Cette augmentation serait due à une **augmentation de la pluviosité**, principalement durant les saisons d'automne et d'hiver, dans les bassins versants saturés. Pour les

zones dont le pic de crue est estival ou printanier et induit par la fonte des neiges, une diminution de l'importance des inondations liée à une diminution de l'accumulation hivernale de neige est attendue. Dans ces régions les pics de débits sont également attendus plus tôt dans l'année.

D'après l'étude de Boukhris et al. (2008), à l'horizon 2071-2100, les impacts du changement climatique sur les crues dépendent du **rapport entre l'augmentation de l'évapotranspiration et des précipitations**. Ils dépendent également du **rapport entre l'augmentation des pluies hivernales et la diminution des pluies estivales**.

En effet, l'augmentation des pluies hivernales aura un plus grand impact sur les débits de crue si le sol est préalablement saturé et donc, si les pluies estivales précédant l'hiver ont été importantes. En fonction de ces rapports, les crues et les inondations montreraient une tendance soit positive, soit négative. Une importante incertitude entoure donc l'impact des changements climatiques sur les crues.

Une autre étude, cherchant à estimer la réponse des débits face au changement climatique de la Gette et de l'Ourthe, respectivement affluents de l'Escaut et de la Meuse, a été réalisée (Baguis et al., 2010). La première étape de cette étude consiste à établir trois scénarios d'évolution future du climat (variation haute, moyenne et faible de la température, des précipitations et de l'évapotranspiration). Ces scénarios se basent sur des résultats de simulations de modèles de circulation globaux (projet européen PRUDENCE) dont l'échelle a été réduite à l'aide de modèles de circulation régionale. L'impact des changements climatiques sur l'équilibre hydrologique des rivières est ensuite étudié en insérant dans un modèle hydrologique les nouvelles variables climatiques obtenues (Baguis et al., 2010). De manière générale, selon cette étude, à l'horizon 2071-2100, pour les deux bassins versants étudiés, le débit moyen des cours d'eau tend à diminuer par rapport à la situation actuelle, menant à une réduction des ressources en eau en été. Le changement climatique a tendance à augmenter les situations d'étiage. Son impact sur les crues est cependant incertain. L'évolution de la fréquence des événements extrêmes est, en effet, fonction du bassin étudié. **Aucune conclusion statistiquement significative n'est atteinte pour l'affluent de l'Escaut (Gette) alors que pour l'affluent de la Meuse (Ourthe), une tendance à l'augmentation des événements extrêmes de récurrence centennale est remarquée** (Baguis et al., 2010).

Le projet "Adaptation de la Meuse aux Impacts des Evolutions du Climat" (AMICE), projet européen INTERREG (2009-2013) unissant les forces de la Belgique, la France, l'Allemagne et les Pays-Bas, s'est penché sur le développement d'une stratégie transfrontalière de réponse aux impacts des changements climatiques. Le bassin de la Meuse traversant plusieurs pays, ce projet cherche à mettre en place une stratégie d'adaptation climatique intégrée à l'échelle du bassin versant. Il cherche également à créer un ensemble de mesures transnationales contre les inondations et les sécheresses et à améliorer les échanges entre les différents gestionnaires du bassin international de la Meuse. Ce vaste projet est divisé en cinq lots de travail qui ont tous un objectif distinct. Le premier lot a pour objectif **d'évaluer les impacts du changement climatique sur les crues et les étiages au sein du District international de la Meuse**. Dans ce cadre, le projet AMICE cherche principalement à répondre à deux questions. La première s'interroge sur les débits qui peuvent être attendus sur la Meuse et ses principaux affluents. La seconde se demande à quel point les débits de crue et d'étiage pour différentes périodes de retour vont évoluer aux horizons temporels 2021-2050 et 2071-2100.

Pour répondre à ces questions, les résultats de projections climatiques ont été utilisés en entrée de modèles hydrologiques afin d'évaluer l'évolution des débits. Lors de la réalisation de ce projet, les scénarios d'évolution des variables climatiques les plus récents étaient ceux du quatrième rapport du GIEC. Pour ces scénarios, les différentes études s'accordent sur l'évolution de la température d'ici la fin du siècle. Cependant, l'incertitude sur l'évolution des précipitations incite à considérer un scénario sec et un scénario humide. Ces scénarios sélectionnés se basent sur les scénarios d'émission A2 et A1B qui sont respectivement des scénarios pessimistes et moyens. Pour chacun de ces deux scénarios, l'évolution des débits de crue et d'étiage est calculée par rapport à la période de référence

1961-1990 pour les périodes de retour de 2, 5, 10, 25, 50 et 100 ans pour les deux horizons temporels précités.

Ce projet arrive à la conclusion que l'évolution **du débit de crue est presque homogène pour l'ensemble du bassin versant de la Meuse**. Il stipule également qu'une diminution des débits de crue est attendue pour le scénario sec tandis qu'une augmentation est prévue pour le scénario humide. Il ressort finalement de cette étude que, pour les scénarios les plus extrêmes, une augmentation du **débit de crue centennal de 15 % est attendue pour la période 2021-2050 et de 30 % pour la période 2071-2100** par rapport à cette période de référence 1961-1990.

Selon les scénarios, les régions et l'utilisation des sols qui est faite, les coûts associés aux dommages sont plus ou moins significatifs. Selon le projet AMICE, en Wallonie, le coût total lié aux dommages consécutifs aux inondations devrait **augmenter de 135 à 365 % d'ici 2100**.

Faisant suite au projet AMICE sur la Meuse, un rapport⁷ a été établi sur le district de l'Escaut et plus particulièrement sur les sous-bassins hydrographiques de la Dendre et de la Senne. Dans cette analyse réalisée en 2017, les sorties de modèles climatiques CORDEX.be ont été utilisées. Les simulations hydrologiques ont été réalisées à deux horizons temporels (2021-2050 et 2071-2100) avec le modèle EPIC-Grid. Cette étude a ensuite permis de conclure que l'impact le plus **extrême du changement climatique sur les débits de crue centennaux de la zone d'étude s'élève à + 40% à l'horizon 2021-2050 et à + 100% à l'horizon 2071-2100** (période de référence 1975-2005).

Au niveau du district du Rhin, le projet FLOW-MS a été lancé en 2009. De manière assez similaire aux autres projets présentés, son objectif de prédire l'évolution des débits en fonction des données climatologiques du 4^{ème} rapport du GIEC pour le territoire de la Moselle et de la Sarre.

CALCULS RÉALISÉS À L'AIDE DU MODÈLE DE BILAN HYDROLOGIQUE

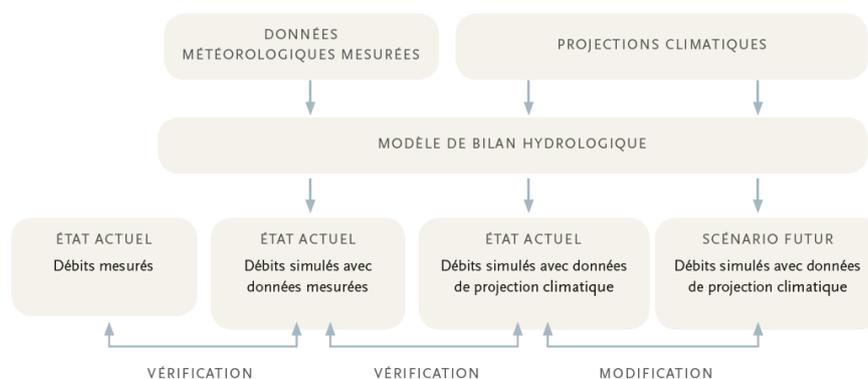


Figure 23 : Calculs réalisés à l'aide du modèle de bilan hydrologique (source : Hydron GmbH)

Les **débits de crue moyens** de l'hiver hydrologique, où sont relevés les débits les plus élevés de l'année, augmentent dans le scénario futur sur l'ensemble des stations analysées par rapport à l'état actuel. Le pourcentage d'augmentation pendant l'hiver hydrologique évolue dans une fourchette comprise entre **+5 % et +24 %**. Les augmentations les plus importantes sont localisées dans le bassin nord de la Sarre. En revanche, les valeurs calculées pour l'été hydrologique sont constantes ou décroissantes. Les écarts constatés pendant **l'été hydrologique** se situent dans une fourchette comprise entre **-13 % et +8 %**. Les diminutions se concentrent ici sur la partie nord-est du bassin versant de la Moselle, sur le bassin de la Sûre et sur des parties du bassin de la Sarre. Il n'est donc pas

⁷ Rapport de stage effectué au sein du SPW(DO223) sur le thème de l'impact du changement climatique sur les débits de crues et d'étiage sur la partie wallonne du bassin de l'Escaut., Alyssa Thonner, 2017.

exclu que des débits supérieurs de 15 % à 30 % aux actuels débits de pointe d'une crue centennale surviennent dans un futur proche.⁸

IV.1.5. HydroTrend

Le projet HydroTrend vise à détecter et analyser les tendances dans l'amplitude et la fréquence des débits de crue en Wallonie.

Pour cela, les maxima annuels ainsi que les valeurs excédant un certain seuil (POTs - peaks over threshold) ont été extraits des données de 84 stations limnimétriques. Afin d'analyser l'évolution au fil du temps de la relation débit de crue – période de retour, des analyses fréquentielles ont été réalisées sur des périodes de 20 ans. La significativité des tendances a ensuite été vérifiée à l'aide de tests statistiques.

Des tendances positives et négatives ont été observées pour un peu plus de la moitié des stations. Douze pour cent d'entre elles sont significatives pour l'amplitude des maxima annuels et la fréquence, et 6% sont significatives pour l'amplitude des POTs. Les tendances sont majoritairement positives dans le bassin de l'Escaut, mais aussi bien positives que négatives dans le bassin de la Meuse.

Ces résultats démontrent qu'il faut considérer l'instationnarité des débits de crue lors d'analyses hydrologiques. Ceci pourrait avoir des répercussions dans la gestion des crues en Wallonie étant donné que les résultats des analyses fréquentielles sont utilisés, entre autres, dans les études de dimensionnement d'ouvrages de lutte contre les inondations et pour les cartes des aléas d'inondation.

Pour conclure et selon le site Climat.be et l'étude d'ECORES (2011), les projections climatiques construites pour le territoire belge prévoient :

- un renforcement de la saisonnalité des précipitations
- des épisodes de pluies intenses en hiver et des orages violents en été plus fréquents et plus intenses, ce qui augmente le risque d'inondation ;
- des canicules plus fréquentes en été ;
- de plus faibles débits des rivières en été à cause de la baisse des précipitations estivales, combinée à une plus grande évaporation, engendrant des risques de pénurie d'eau.

⁸ http://www.iksms-cipms.org/servlet/is/60262/Brochure_Changement-Climatique.pdf?command=downloadContent&filename=Brochure_Changement-Climatique.pdf

IV.2. Adaptation au changement climatique

IV.2.1. AwAC

L'Agence wallonne de l'air et du climat (AwAC), créée en 2008, gère, au niveau de la Région, la politique de la qualité de l'air, du climat et de l'ozone stratosphérique. Ses missions s'inscrivent pleinement dans les défis environnementaux du XXI^{ème} siècle.

Afin de sensibiliser les pouvoirs locaux aux impacts des changements climatiques et de les accompagner dans la démarche de l'adaptation, l'AwAC a financé le développement d'un outil pour évaluer la vulnérabilité et mettre en place des actions au niveau communal.

L'idée est qu'en même temps que de guider la politique d'adaptation aux niveaux régional et national, les actions concrètes doivent être mises en place au niveau local.

Cet outil a été développé sur base des résultats de l'étude régionale « L'adaptation au changement climatique en Wallonie, Ecores et TECconseil » menée en 2011. Il se présente sous la forme d'un fichier Excel contenant des questions simples. Certaines réponses peuvent être trouvées dans des bases de données régionales tandis que d'autres ne sont connues que par le personnel communal mais dans tous les cas, cet outil ne demande aucune formation préalable et peut donc être utilisé par tout un chacun. L'outil Excel est accompagné de supports cartographiques et d'une plateforme web : www.leswallonssadaptent.be

IV.2.2. Coût de l'inaction⁹

En 2014, l'ICEDD a tenté d'estimer les coûts de l'inaction face au changement climatique. Dans ce cadre, une première estimation du surcoût du risque des dommages dus aux inondations à l'horizon 2050, en cas de non action, d'occupation du sol inchangée et sans évolution démographique, a été proposée pour tout le territoire wallon. Ce surcoût pourrait avoisiner les 150 millions d'euros en 2050 et même atteindre les 400 millions d'euros en 2100.

⁹ ICEDD (2014) Identification & évaluation des coûts de l'inaction face au changement climatique en Wallonie

Références bibliographiques

Baguis, P., Roulin, E., Willems, P., and Ntegeka, V. (2010a). Climate change and hydrological extremes in belgian catchments. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 7 :5033– 5078.

Baguis, P., Roulin, E., Willems, P., and Ntegeka, V. (2010b). Climate change scenarios for precipitation and potential evapotranspiration over central belgium. *Theoretical and Applied Climatology*, 99 :273.

Boukhris, O. E. F. (2008). *Climate Change Impact on Hydrological Extremes along Rivers in Flanders (Impactanalyse van klimaatverandering op hydrologische extremen langs Vlaamse rivieren)*. PhD thesis, KUL.

Boukhris, O. E. F., Willems, P., and Vanneuville, W. (2008). The impact of climate change on the hydrology in highly urbanised belgian areas. Kelly Shannon (ed.), Matthew Neville (ed.), *Water and Urban Development Paradigms. Towards an Integration of Engineering, Design and Management Approaches*, pages 271–276.

Degré, A. and Bauwens, A. (2009). *Amice : Rapport d'activité intermédiaire du comité d'accompagnement wallon*.

ECORES (2011), *L'adaptation au changement climatique en région wallonne – Rapport final*

Keimeul J-P., *Les analyses de l'IHOES : Les inondations de Liège de 1926*

Madsen, H., Lawrence, D., Lang, M., Martinkova, M., and Kjeldsen, T. (2014). Review of trend analysis and climate change projections of extreme precipitation and floods in europe. *Journal of Hydrology*, 519 :3634– 3650

Marbaix, P. and Van Ypersele, J. (2004). *Impacts des changements climatiques en belgique*. Greenpeace, Bruxelles.

Meehl, G. A., Stocker, T. F., D, C. W., Friedlingstein, P., Gaye, A. T., Gregory, J. M., Kitoh, A., Knutti, R., Mutphy, J. M., Noda, A., Raper, S. C. B., Watterson, I. G., Weaver, A. J., and Zhao, Z.-C. (2007). *Global climate projections*. In *Climate Change 2007–The physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Rauw A., prof Petit F. (2011). *Mémoire : Utilisation des repères de crues, dans l'étude des crues historiques de la Meuse en Belgique*. Université de Liège

Valentini, R., Bouwer, L. M., Georgopoulou, E., Jacob, D., Martin, E., Pounsevell, M., and Soussana, J.-F. (2014). Europe. In *Climate Change 2014–Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part B : Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pages 1267–1326. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Van Schaeybroeck, B., Termonia, P., De Ridder, K., Fettweis, X., Gobin, A., Luyten, P., Marbaix, P., Pottiaux, E., Stavrakou, T., Van Lipzig, N., et al. (2017). The foundation for climate services in belgium : Cordex. be. In *EGU General Assembly Conference Abstracts*, volume 19, page 6855.

Site de l'IRM : <https://www.meteo.be/meteo/view/fr/65239-Accueil.html>