



Projet de partie faîtière du
plan de gestion des risques
d'inondation pour le district
hydrographique international
de la Meuse, 2ème cycle de la
Directive relative à l'évaluation
et la gestion des risques
d'inondation (2022-2027)

Avril 2021

Table des matières

1.	Introduction.....	9
1.1	Contexte, mandat et objectif du rapport	9
1.2	Commission Internationale de la Meuse et Coordination internationale	11
1.3	Du plan d'action contre les inondations de la Meuse au PGRI faitier de la Meuse	12
1.4	Description du bassin versant	14
1.5	Climat et hydrologie	16
1.6	Inondations.....	17
1.7	Calendrier	17
2.	Conclusions de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation.....	17
2.1	France	18
2.2	Luxembourg.....	19
2.3	Wallonie	19
2.4	Flandre.....	20
2.5	Allemagne.....	21
2.6	Pays-Bas.....	22
3.	Echange d'informations préalable à l'élaboration des cartes des zones inondables et des risques d'inondation	22
3.1	France	22
3.2	Luxembourg.....	23
3.3	Wallonie	23
3.4	Flandre.....	24
3.5	Allemagne.....	25
3.6	Pays-Bas.....	25
4.	Principes relatifs aux objectifs et aux mesures	27
4.1	Dispositions de la Directive relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation (DI)	27
4.2	Objectifs au niveau stratégique.....	27
4.2.1	Partage efficient des responsabilités, basé sur la subsidiarité.....	28
4.2.2	Solidarité face aux risques d'inondation	28
4.2.3	Proportionnalité des actions : établir un programme des priorités basé dans la mesure du possible sur une analyse coûts-bénéfices	28
4.3	Objectifs transnationaux du DHI Meuse	28
5.	Synthèse des mesures transnationales	29

5.1 Mesures associées à l'objectif n°1 : coordination internationale et pertinente des mesures à impact transfrontalier	29
5.2 Mesures associées à l'objectif n°2 : Amélioration de la prévision et de l'annonce des crues	29
5.3 Mesures associées à l'objectif n°3 : Amélioration de la connaissance systémique des risques d'inondations.....	30
6. Analyse coûts- bénéfices	31
7. Evaluation des progrès accomplis dans la réalisation des objectifs.....	31
7.1 Indicateurs de suivi de l'objectif n°1 : coordination internationale et coordination pertinente des mesures à impact transfrontalier	31
7.1.1 France	31
7.1.2 Luxembourg (en attente de proposition de texte).....	32
7.1.3 Wallonie.....	32
7.1.4 Flandre.....	32
7.1.5 Allemagne.....	33
7.1.6 Pays-Bas.....	33
7.2 Indicateurs de suivi de l'objectif n°2 : amélioration des systèmes de prévision et d'annonce des crues	35
7.3 Indicateur de suivi de l'objectif n°3 : amélioration de la connaissance systémique des risques d'inondation	37
8. Communication, information et consultation du public.....	37
9. Prise en compte des effets du changement climatique	37
9.1 Synthèse des stratégies nationales d'adaptation au changement climatique.....	37
9.1.1 France	37
9.1.2 Luxembourg (en attente de proposition de texte).....	39
9.1.3 Wallonie.....	39
9.1.4 Flandre.....	39
9.1.5 Allemagne.....	40
9.1.6 Pays-Bas.....	41
9.2 Synthèse des études disponibles sur les effets potentiels du changement climatique sur l'évolution des débits de crue (cf Annexe 6)	42
9.2.1 AMICE (Adaptation of the Meuse to the Impacts of Climate Evolutions).....	42
9.2.2 Nouvelles connaissances disponibles depuis AMICE	44
10. Coordination avec les autres politiques communautaires.....	47
11. Liste des autorités compétentes et des structures de coordination régionales, nationales et internationales	47
Annexe 1 : Echange d'information : article 6 de la DI	50
Annexe 2 : Aperçu de l'échange d'informations : Tableau de comparaison des hypothèses de débit associées aux scénarios de crue prévus à l'article 6, paragraphe 3.....	54

Annexe 3 : Types de mesures qui induisent un effet transfrontalier potentiel et forme de coordination souhaitée	57
Annexe 4 : Synergie potentielle entre les types de mesure de la DI et les objectifs environnementaux de la DCE.....	60
Annexe 5 : Analyse rétrospective des crues du DHI de la Meuse	63
Annexe 6 : Méthodologie employée dans les études disponibles sur les effets potentiels du changement climatique sur l'évolution des débits de crue	65
Annexe 7 : Description synthétique de l'organisation des services de prévision de crues et d'hydrométrie	79

Remerciements

Participants aux groupes de travail :

Andre Bannink, Christine Bastian, Louise Busi, Maxime Delolme, Ilke Dieltjens, Philippe Dierickx, Sébastien Gailliez, Thierry Garnavault, Fabian Gier, Jaap Goudriaan, Aleksandra Jaskula Joustra, Georges Jumet, Nathalie Klasen, David Kroekenstoel, Audrey Lahousse, Blanca Linz, Thomas Menzel, Saskia Onnink, Delphine Pontegnie, Claude Schortgen, Anne Trentels, Maarten Van der Ploeg, Niels Van Steenbergen, Jean-Pierre Wagner, Stéphanie Zaros

Présidence et chefs de délégation :

Mattie Busch, Didier D’hont, Olivier Dekyvere, Henri Hansen, Heide Jekel, Marie-Christine Lahaye, Aline Lombard, Alby Schmitt

Secrétariat de la Commission Internationale de la Meuse :

Jérôme Delvaux, Jean-Noël Pansera, Laurence Tahay

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de la CIM	11
Figure 2 : Schéma de principe du mécanisme d'inondation	13
Figure 3 : stations calculées dans le cadre du projet CCI-HYDR	45
Figure 4 : évolution des débits mensuels moyens (en vert les valeurs obtenues par modélisation pour la période de temps passée prise comme référence, en bleu, violet et rouge les valeurs moyennes, minimales et maximales obtenues dans le futur avec les scénarios climatiques)	46
Figure 5 : évolution du nombre de jours par mois pour lesquels le débit journalier est supérieur au Q95 (en vert les valeurs obtenues par modélisation pour la période de temps passée prise comme référence, en bleu, violet et rouge les valeurs moyennes, minimales et maximales obtenues dans le futur avec les scénarios climatiques)	46

Liste des Tableaux

Tableau 1 : principaux éléments caractéristiques du DHI Meuse	14
Tableau 2 : impact des crues sur les populations et surfaces (les zones indiquées concernent des zones présentant un risque d'inondation potentiellement important).....	14
Tableau 3 : nombre de mesures des 1ers PGRI identifiées comme susceptibles d'avoir une influence dans un autre Etat / une autre Région situés dans le DHI Meuse	34
Tableau 4 : nombre de stations de mesure et de prévision des crues au sein du DHI Meuse	36
Tableau 5 : pondération appliquée aux facteurs de transformations nationaux pour aboutir à un scénario transnational.....	43
Tableau 6 : évolution du débit de la crue centennale selon le scénario transnational	43
Tableau 7 : débits fréquentiels de crue à Borgharen pour les 4 scénarios climatiques KNMI'14 en 2050 et 2085, et pour le climat actuel (c'est-à-dire la situation de référence)	44
Tableau 8 : valeurs médiane, minimale et maximale à Chooz des évolutions relatives entre les périodes 1961-1990 et 2046-2065 du QJXA2, QJXA10 et QJAX20 calculées avec le modèle GR4J (jaune) et le modèle Modcou (vert) avec les 7 modèles climatiques du projet EXPLORE 2070	45

Liste des Cartes

Carte 1 : DHI Meuse : Autorités compétentes	9
Carte 2 : Zonage du bassin de la Meuse en 3 zones basées essentiellement sur des caractéristiques géomorphologiques	16
Carte 3 : synthèse de l'échange d'information et de la coordination au titre des articles 4, 5 et 13 de la DI.....	18
Carte 4 : Synthèse de l'échange d'informations au titre de l'article 6 §2 de la DI.....	26
Carte 5 : stations de la convention d'échange de données et de prévision des crues au sein du DHI Meuse.....	36
Carte 6 : Points de calculs hydrologiques retenus dans le cadre du projet AMICE	43

Liste des Abréviations

AMICE : Adaptation of the Meuse to the Impacts of Climate Evolutions

CERFACS : Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul scientifique

CIM : Commission Internationale de la Meuse

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DHI : District Hydrographique International

DREAL : Direction Régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

DRI : Directive relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation

DSCLIM : logiciel open-source qui effectue la désagrégation statistique de scénarios climatiques en utilisant une méthode basée sur les régimes de temps et les analogues

EDF : Electricité de France

GCM : Global Climate Models

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

GT : Groupe de Travail

GT H : Groupe de Travail Hydrologie/inondation

KMI: Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (Institut Royal Météorologique de Belgique)

KNMI : Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (Institut Royal Météorologique Néerlandais)

LAWA : Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

PRUDENCE : Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects

RCM : Regional Climate Models

SAFRAN : Système d'Analyse Fournissant des Renseignements Adaptés à la Nivologie

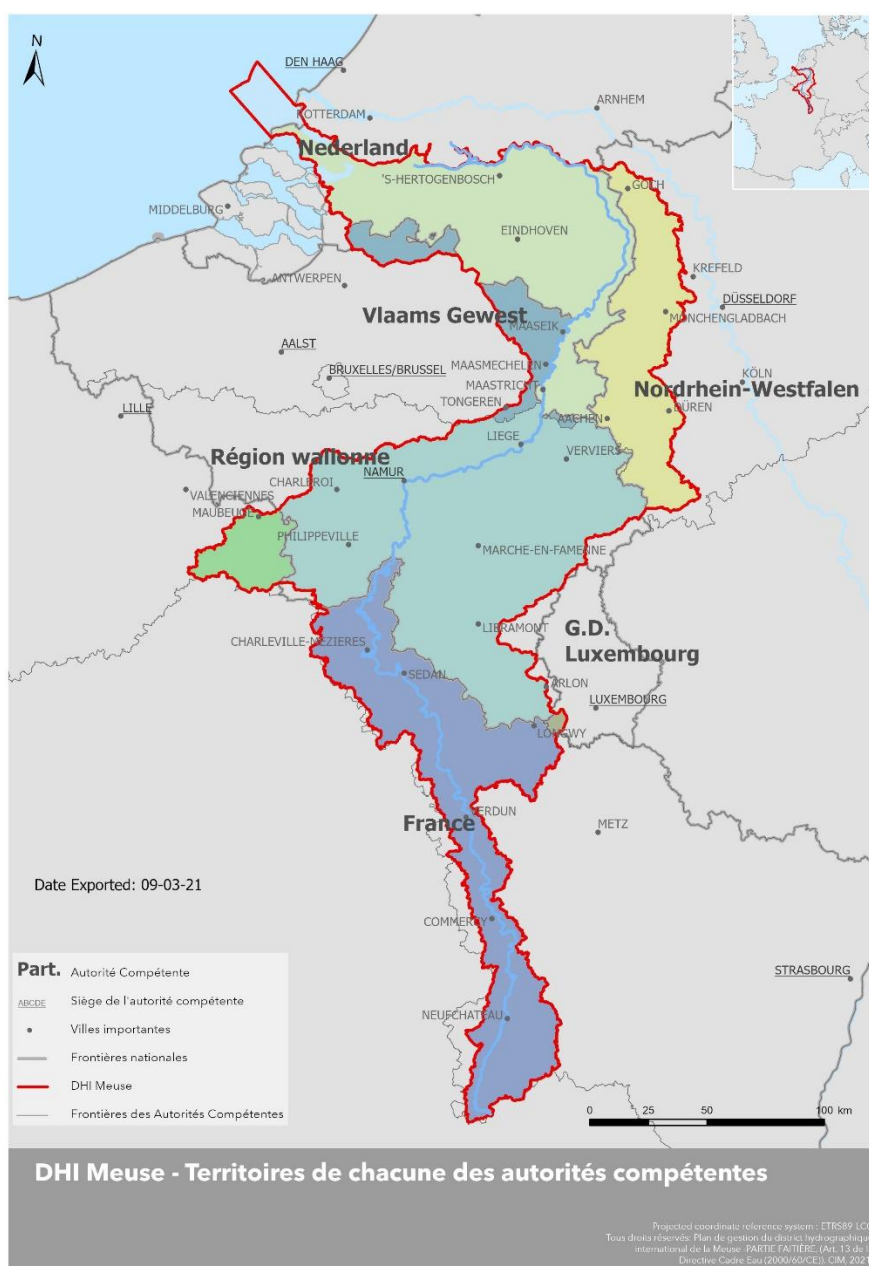
SPW : Service Public de Wallonie

1. Introduction

1.1 Contexte, mandat et objectif du rapport

La Directive 2007/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et la gestion des risques d'inondation (DI) vise à réduire les conséquences négatives pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associées aux inondations dans la Communauté.

La Meuse et ses affluents constituent le District Hydrographique International (DHI) de la Meuse. Il concerne cinq Etats membres de l'Union européenne (France, Luxembourg, Belgique, Allemagne et Pays-Bas). La coordination multilatérale dans le DHI Meuse se déroule dans le cadre de l'Accord international sur la Meuse, signé à Gand en 2002, dont les Parties contractantes sont la France, le Luxembourg, l'Etat fédéral belge, la Région wallonne, la Région flamande, la Région de Bruxelles-Capitale, l'Allemagne et les Pays-Bas (Carte n° 1).



Carte 1 : DHI Meuse : Autorités compétentes

Cet accord concerne la coordination internationale tant pour la mise en œuvre de la Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (Directive Cadre sur l'Eau DCE) que d'autres domaines, comme par exemple la protection contre les inondations dans le DHI Meuse.

Pour répondre aux obligations de coordination internationale de la DRI¹, les Etats et Régions dont le territoire fait partie du DHI Meuse ont décidé lors de l'assemblée plénière de la CIM du 7 décembre 2007 à Charleville-Mézières que :

- la coordination internationale se déroulerait au sein de la Commission internationale de la Meuse (CIM)
- le Plan de Gestion des Risques d'Inondation du DHI Meuse (PGRI Meuse) serait composé des plans de gestion nationaux et/ou régionaux et d'une partie faîtière internationale.

Durant le premier cycle de la mise en œuvre de la DRI, les Etats membres UE du District international de la Meuse ont :

- déterminé, conformément à l'article 5, alinéa 1, pour le 22 décembre 2011 les zones présentant des risques potentiels importants d'inondation ;
- élaboré, conformément à l'article 6, alinéa 1, pour le 22 décembre 2013 des cartes des zones inondables et des risques d'inondation pour les zones visées dans l'article 5, alinéa 1 DRI présentant des risques potentiels importants d'inondation ;
- rédigé conformément au chapitre IV pour le 22 décembre 2015 un premiers PGRI faîtier du district international de la Meuse.

Au cours du deuxième cycle de la mise en œuvre de la DRI, les Etats membres UE du district international de la Meuse ont :

- réexaminé et mis à jour conformément à l'article 14, alinéa 1 pour le 22 décembre 2018 les zones présentant des risques potentiels importants d'inondation ;
- réexaminé et mis à jour conformément à l'article 14, alinéa 2 pour le 22 décembre 2019 les cartes des zones inondables et des risques d'inondations ;
- réexaminé et mis à jour conformément à l'article 14, alinéa 3 pour le 22 décembre 2021 le PGRI faîtier du district international de la Meuse.

Sur la base de ce qui précède, les Etats ont préparé le deuxième PGRI faîtier pour la période 2022-2027. Pour ce faire, ils ont tenu compte des dispositions de l'article 14 et de l'annexe B de la DRI, mais également des résultats de l'échange d'informations concernant la mise en œuvre des plans nationaux et des recommandations du rapport du 26.02.2019 de la Commission au Parlement et au Conseil Européens sur la mise en œuvre de la DI pour les premiers PGRI (Mregie/19-15).

La partie faîtière du PGRI et les plans de gestion établis par les Etats / Régions en application de l'article 7 de la DI constituent le PGRI du DHI Meuse. Ce plan faîtier s'est construit au fur et à mesure des travaux nationaux et régionaux et des échanges permanents au sein de la CIM permettant d'apprécier une compatibilité et une cohérence d'ensemble. Elle atteste de la

¹ Article 8 § 2 de la DRI

coordination des mesures qui ont un impact transfrontalier, en vue de respecter notamment le principe de solidarité².

1.2 Commission Internationale de la Meuse et Coordination internationale

La Commission internationale de la Meuse (CIM) a été créée en 2002 par la signature de l'Accord international sur la Meuse (Accord de Gand). L'objectif de l'accord est d'aboutir à une gestion durable et globale de l'eau du district hydrographique de la Meuse. Il est entré en vigueur le 1^{er} décembre 2006.

La CIM a pour principales missions, la coordination des obligations de la DCE, la coordination des obligations de la DI et l'émission d'avis et de recommandations aux Parties pour la prévention et la lutte contre les pollutions accidentelles (système d'avertissement et d'alerte).

La coordination internationale de la mise en œuvre de la DI se déroule en plusieurs étapes et selon des exigences précises :

- par le biais d'un échange d'informations pertinentes dans le cadre de l'élaboration de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation ;
- par le biais d'un échange d'informations préalable pour l'élaboration des cartes des zones inondables et des risques d'inondation ;
- par le biais d'une coordination pour l'élaboration de la partie faitière du PGRI³.

Les travaux techniques de coordination multilatérale ont été réalisés au sein du groupe de travail Hydrologie / Inondations (GT HI) pour être soumis à l'approbation de l'Assemblée Plénière (PLEN), seule instance compétente pour adopter les documents ou rapports présentés par les groupes de travail (Figure 1).

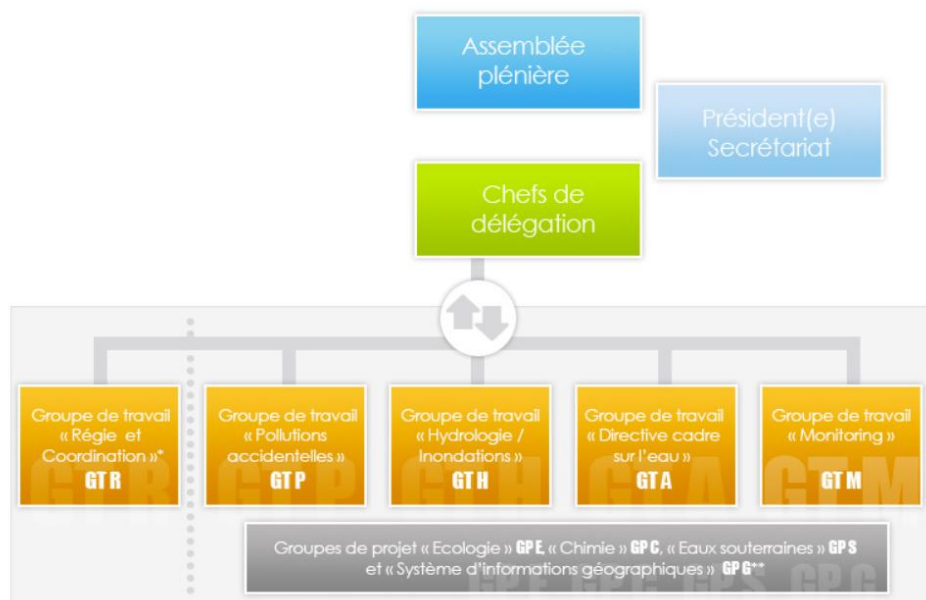


Figure 1 : Organigramme de la CIM

La CIM a adopté les rapports suivants :

² Article 7 § 4 de la DI

³ Articles 4 § 2, 5 § 2, 6 § 2 et 8 § 2 de la DI

- le 20 mars 2019 : le « rapport (Minond/18-9def) sur le réexamen et la mise à jour de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation dans le district hydrographique international Meuse" disponible à l'adresse internet http://www.meuse-maas.be/CIM/media/DI/Rapport-art-4-et-5_DRI_Minond_18_9def_f.pdf ;
- le 19 mars 2020 : le « rapport (Minond/19-16def) sur l'échange d'informations préalable au réexamen et, si nécessaire, la mise à jour des cartes des zones inondables et des risques d'inondation dans le district hydrographique international Meuse » disponible à l'adresse internet http://www.meuse-maas.be/CIM/media/DI/Rapport-art_6_DI_Minond_19_16def_avec_annexes_f.pdf ;

1.3 Du plan d'action contre les inondations de la Meuse au PGRI faitier de la Meuse

Les inondations de 1993 et 1995 avaient occasionné d'importants dommages matériels et immatériels dans les Etats et régions situés tant dans le bassin hydrographique de la Meuse que dans celui du Rhin.

Suite à ces épisodes d'inondations exceptionnelles, les Ministres de l'Environnement des Etats de l'Union Européenne, riverains de la Meuse et du Rhin (France, Luxembourg, Belgique, Allemagne et Pays-Bas), ont indiqué, dans la Déclaration d'Arles du 4 février 1995, que des mesures devaient être prises dans les plus brefs délais afin de réduire à l'avenir le risque de dommages dus aux inondations. Des plans d'action transnationaux devaient être développés à ce sujet tant pour le bassin du Rhin que pour celui de la Meuse.

La Commission Internationale pour la Protection de la Meuse (CIPM) mise en place dans le cadre de l'Accord de Charleville-Mézières (26 avril 1994) ayant constaté, le 29 novembre 1995, que le sujet des inondations ne ressortait pas des termes de l'accord, il a été décidé de créer un groupe de travail international spécifique pour se pencher sur cette problématique. C'est ainsi que le Groupe de travail pour la prévention des inondations dans le bassin de la Meuse (GTIM) a été mis en place.

La France, les Régions wallonne et flamande de Belgique et les Pays-Bas faisaient partie de ce groupe. La CIPM, le Land de Rhénanie du Nord-Westphalie et le Grand-Duché de Luxembourg y avaient le statut d'observateurs. L'officialisation de ce groupe de travail s'est réalisée par un échange de lettres entre les autorités nationales et régionales compétentes.

Suite à la signature de l'Accord de Gand en 2002, ce groupe de travail spécifique a été remplacé par le groupe de travail Hydrologie/inondations de la Commission Internationale de la Meuse (CIM).

L'objectif du Plan d'Action Inondations de la CIM consistait à mettre au point un ensemble cohérent de mesures à court, moyen et long terme afin d'éviter ou de réduire au maximum les dommages causés par les inondations dans le bassin versant de la Meuse. L'objectif opérationnel du Plan était de réduire le risque à long terme.

Compte tenu des principes et objectifs mentionnés ci-avant, dès 1998, le Plan d'Action Inondations Meuse proposait un panel de mesures générales⁴ :

- Mesures de politique nationale et régionale et mesures réglementaires (cartographie, adaptation des constructions...)
- Mesures de sensibilisation (secours locaux, situations de crise, assurances...)

⁴ <http://www.meuse-maas.be/open.asp?t=pubs&id=1316> / <http://www.meuse-maas.be/open.asp?t=pubs&id=22>

- Mesures de rétention de l'eau (infiltration et ralentissement du ruissellement, bassins d'orage, séparation des systèmes d'assainissement...)
- Mesures dans le réseau hydrographique (restauration des cours d'eau naturels, bassins écrêteurs, zones d'expansion de crues, augmentation de la capacité d'écoulement...)
- Mesures de protection directe (digues)
- Systèmes de prévision et d'alerte.

La synthèse des mesures transnationales de la partie faitière du plan de gestion des risques d'inondation, publiée le 22 décembre 2015, regroupait les mesures dans 3 thématiques :

- Mesures associées à la coordination internationale et pertinente des mesures à impact transfrontalier (échange d'informations, concertation, communication)
- Mesures associées à l'amélioration de la prévision et de l'annonce des crues (convention multilatérale d'échange de données et prévisions hydrologiques)
- Mesures associées à l'amélioration de la connaissance systémique des risques d'inondations (faciliter l'échange de données nécessaires au développement ou à l'amélioration de modèles hydrologiques ou hydrauliques, faciliter l'échange des études réalisées sur la base de ces modèles).

La Directive 2007/60/CE du Parlement européen et du Conseil relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation (DI) adoptée le 23 octobre 2007 procède dans la même logique en mettant l'accent sur la prévention, la protection et la préparation en tenant compte des effets probables des changements climatiques sur la survenance des inondations.

La figure suivante basée sur le "Schéma de principe du mécanisme d'inondation" tiré du Plan d'action Inondations Meuse (Rapport d'avancement 1995-2002) en présente les principes pour la genèse des inondations par débordement de cours d'eau qui fait l'objet du travail de coordination (Figure 2). Elle permet également d'établir le lien entre ce plan d'action et la DI.

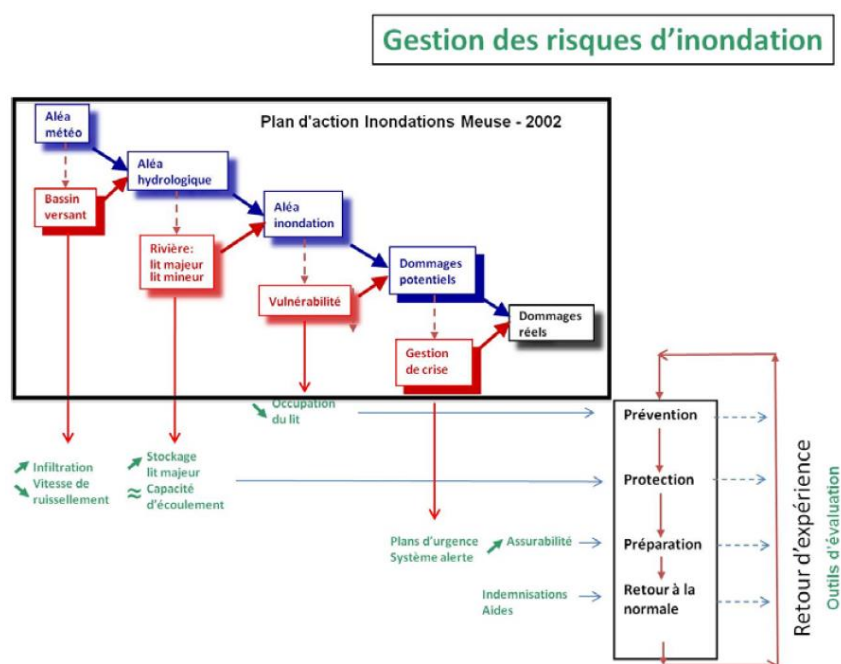


Figure 2 : Schéma de principe du mécanisme d'inondation

1.4 Description du bassin versant

La superficie totale du DHI Meuse est de 34.347 km² avec une population d'environ 8,8 millions d'habitants.

La Meuse prend sa source à 384 m d'altitude à Pouilly-en-Bassigny en France. De sa source à son embouchure aux Pays-Bas, sa longueur est de 905 km.

Les sous-bassins les plus importants du DHI Meuse sont ceux des affluents suivants : Chiers, Semois, Lesse, Sambre, Ourthe, Gueule, Rur, Niers, Geer, Dommel et Marcq. Plusieurs de ces sous-bassins sont transfrontaliers.

Les principaux éléments caractéristiques du bassin sont résumés dans le tableau 1.

De plus amples détails sont mentionnés dans les rapports nationaux et régionaux.

Tableau 1 : principaux éléments caractéristiques du DHI Meuse

	Superficie (km ²)	Nb. Habitants (x 1000)	Linéaire de cours d'eau (km) (bassin versant > 10 km ²)
France	8.919	671	3.305
Luxembourg	75	62	22*
B- Wallonie	12.278	2.285	4.860
B- Flandre	1.601	440	273
Pays-Bas**	7.500	3.500	2.288
Allemagne	3.976	1.897	1.567
TOTAL	34.349	8.855	12.315

*Ces informations concernent la longueur de la masse d'eau de surface et non du linéaire de cours d'eau.

** Y compris 1 masse d'eau de transition et 1 masse d'eau côtière

Tableau 2 : impact des crues sur les populations et surfaces (les zones indiquées concernent des zones présentant un risque d'inondation potentiellement important)

Impact des crues		FR	LU	WL	FL	NL	DE
Population touchée	Crue fréquente	4.970	10	32.748	4.231	3.000	4.900
	HQ100	18.760	40	118.915	10.387	107.000	11.630
	Crue extrême	30.800	349	346.879	19.886	501.000	42.520
Surface concernée (km ²)	Crue fréquente	56,1	0,17	181,09	60,86	277	57
	HQ100	63,1	0,48	737,84	92,55	891	86
	Crue extrême	71,6	0,93	1.059,36	127,82	1.638	174

Le bassin versant de la Meuse couvre non seulement plusieurs Etats et régions, mais encore plusieurs zones géographiques.

Aux fins du présent rapport, il a été découpé en trois zones sur base des caractéristiques géomorphologiques (Carte n° 2).

Zone 1

Cette zone, située au sud de la ligne Charleville-Mézières-Arlon, est constituée de calcaire, de marne et de grès. Ces roches sédimentaires ont été formées durant le Jurassique et le Triasique (il y a ≈ 150 à 200 millions d'années). Les couches ont été inclinées durant le Tertiaire

(il y a $\approx$ 50 millions d'années). Ceci a finalement conduit à la formation d'une cuesta en déclivité avec de larges vallées.

La perméabilité des roches varie selon le pendage des strates. Dans cette zone, la Meuse a une pente relativement faible. La Chiens et la partie amont de la Semois, traversent également cette dernière. Les coteaux sont généralement boisés et les vallées sont le plus souvent utilisées pour les cultures de céréales et l'élevage. Hormis les concentrations de population autour des principales villes sur les rives de la Meuse (Charleville-Mézières, Sedan et Verdun), la densité de la population dans cette partie du bassin versant est relativement faible.

Zone 2

Elle comprend le territoire au nord de la ligne Charleville-Mézières-Arlon et au sud de l'axe Namur-Aix-la-Chapelle.

En général, cette zone est constituée de roches peu perméables formées au cours du Paléozoïque (il y a $\approx$ 250 à 600 millions d'années). Les calcaires karstiques du Carbonifère (il y a $\approx$ 300 millions d'années) y font exception ; ils se concentrent dans le triangle Charleroi-Dinant-Liège (Condroz). Les hauts plateaux du massif ardennais sont relativement plats. La Meuse et ses affluents tels que la Sambre, le Viroin, la Lesse, l'Ourthe, le tronçon aval de la Semois et le tronçon amont de la Rur ont creusé des sillons dans le massif surélevé. Les affluents ont pour cette raison une pente forte et les vallées des rivières sont en général étroites et encaissées. De grandes étendues des Ardennes sont couvertes de forêts pour la production de bois. Sur les plateaux, on observe de l'agriculture et de l'élevage extensif. Cette zone est relativement peu peuplée, hormis la partie située sur l'axe Charleroi-Namur-Liège.

Zone 3

Cette zone comprend le territoire situé au nord de la ligne Namur-Aix-la-Chapelle.

En bordure sud de la zone 3 (triangle Namur-Maastricht-Aix-la-Chapelle), le calcaire et la marne du Crétacé (il y a $\approx$ 75 millions d'années) affleurent. Cette zone au relief vallonné couvre une grande partie des bassins versants de la Meuse, du Geer et de la Gueule. Du point de vue des caractéristiques paysagères, cette zone est comparable à la zone 1. Dans le bassin versant de la Meuse au nord de Maastricht, des roches sédimentaires, "jeunes" et non durcies, affleurent ; les alluvions ont été amenées en grande partie par la Meuse elle-même. Cette zone est presque plane.

Entre Maastricht et Roermond, à la frontière entre la Flandre et les Pays-Bas, la Meuse coule librement, ce qui lui confère une dynamique naturelle. La navigation passe par le Canal Juliana. Plus loin, en aval, la Meuse se transforme en un fleuve de plaine typique. La Meuse est endiguée sur toute sa longueur à partir de la confluence avec la Nierce. La Rur, la Nierce et le Dommel y coulent également.

La majeure partie de cette zone est utilisée à des fins agricoles. En bordure et à l'est de la Meuse, on retrouve principalement des cultures céréalières. À l'ouest de la Meuse (province de Brabant septentrional), il s'agit essentiellement de maïs et de terres herbagères. C'est en particulier à l'ouest de cette zone que les terres agricoles sont drainées par des fossés ou d'autres techniques de drainage.

La Meuse se jette dans la Mer du Nord par les écluses de chasse du Haringvliet. Des dunes et des digues offrent une protection contre les inondations en provenance de la mer.



Carte 2 : Zonage du bassin de la Meuse en 3 zones basées essentiellement sur des caractéristiques géomorphologiques

1.5 Climat et hydrologie

Le climat, sur le territoire du DHI Meuse est principalement un climat océanique tempéré. Parfois, la composante continentale domine avec de hautes pressions donnant des étés chauds et secs et des hivers rigoureux et secs. Mais, la plupart du temps, le régime océanique amène les dépressions et un temps humide et frais en toute saison.

La Meuse est un exemple typique de cours d'eau alimenté par les pluies. Les débits élevés du fleuve se rencontrent généralement en hiver et au printemps. Les variations de débit peuvent être brutales et entraîner des crues pouvant durer de quelques jours à plusieurs semaines.

Dans la majeure partie du bassin de la Meuse, les niveaux d'eau sont déterminés par les précipitations, la géométrie du cours d'eau et par les aménagements (barrages et écluses) mis en place pour permettre la navigation sur la Meuse. Près de l'embouchure de la Meuse dans la mer du Nord, les marées sont importantes et peuvent dans ce contexte être la cause de niveaux d'eau élevés dans le cours d'eau.

1.6 Inondations

On entend par inondation, la submersion temporaire par l'eau de terres qui ne sont pas submergées en temps normal. Cette notion recouvre les inondations dues aux crues des rivières, des torrents de montagne et des cours d'eau intermittents ainsi que les inondations dues à la mer dans les zones côtières⁵.

Seules les inondations de type fluvial ont fait l'objet d'une concertation internationale dans le cadre des travaux de la CIM. Les inondations par les eaux en provenance de la mer ou des estuaires n'ont pas été développées car celles-ci ne concernent que les Pays-Bas et sont prises en compte dans le PGRI des Pays-Bas.

D'autres types d'inondations (pluviales par exemple) n'ont pas fait l'objet d'une concertation internationale dans le cadre des travaux de la CIM parce que la coordination locale est plus pertinente que la coordination internationale sur ces enjeux.

1.7 Calendrier

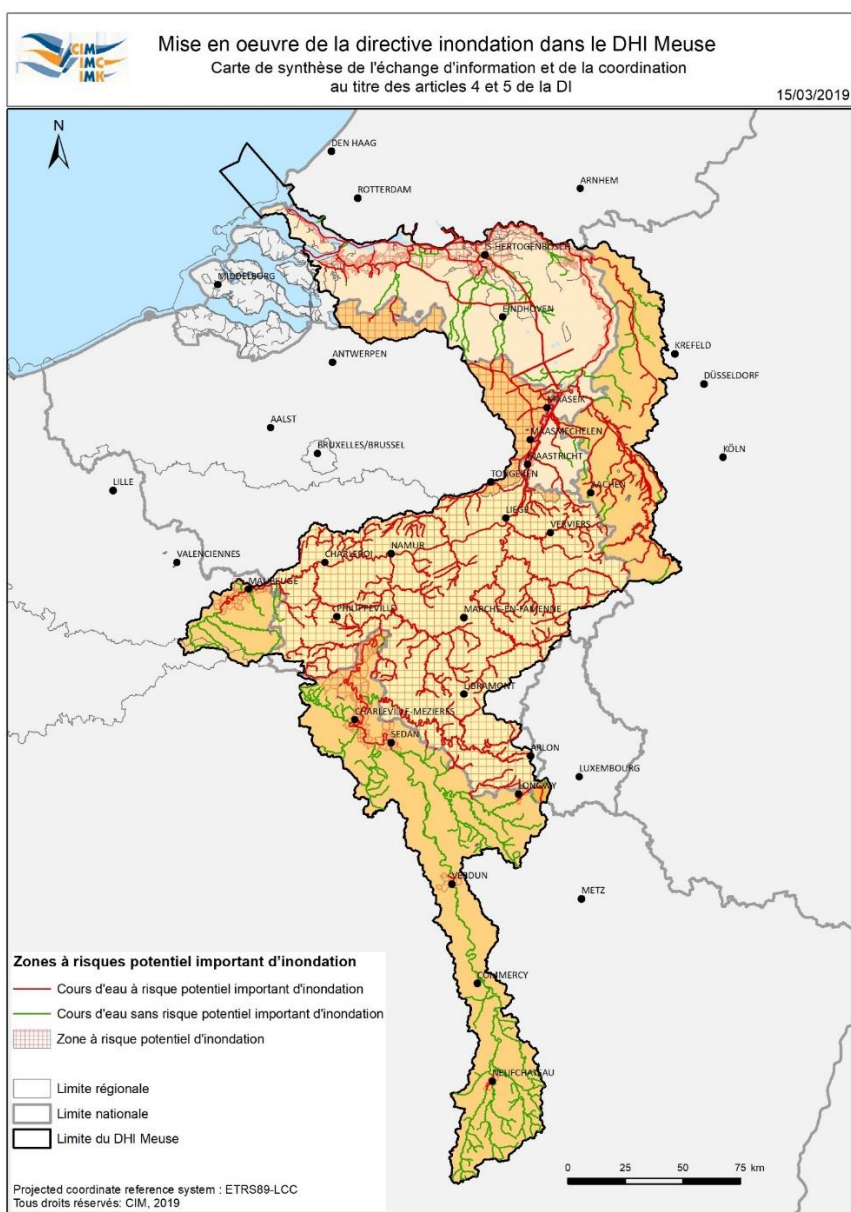
La mise en œuvre du 2ème cycle de la DI par chaque Etat / Région du DHI s'est déroulée en plusieurs étapes, selon un calendrier précis :

- 22/12/2018 : réalisation d'une évaluation préliminaire des risques d'inondation fondée sur des informations disponibles ou pouvant être aisément déduites (art. 4) et/ou faisant suite à l'appréciation et aux décisions des Etats membres sur l'utilisation des mesures transitoires (art. 13, 1)
- 22/12/2019 : établissement des cartes des zones inondables et des cartes des risques d'inondation (art. 6)
- 22/12/2021 : publication d'un PGRI unique coordonné au niveau du DHI ou des PGRI des Etats et régions couvrant chaque partie nationale ou régionale du DHI et coordonnés à l'échelle du DHI Meuse (art.7 et 8).

2. Conclusions de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation

La carte générale 3, tirée du rapport Minond/18-9def distingue les Etats et/ou Régions qui ont réalisé une évaluation préliminaire des risques d'inondation en application de l'article 4 de la DI. Elle montre également les zones ou cours d'eau du DHI Meuse qui présentent un risque potentiel important d'inondation.

⁵ cf. Article 2 § 1 de la DI



Carte 3 : synthèse de l'échange d'information et de la coordination au titre des articles 4, 5 et 13 de la DI

Le tableau joint en annexe 1 donne un aperçu des rivières transfrontalières sélectionnées ou non comme zones à risque potentiel important d'inondation. Les différences entre les cours d'eau sélectionnés de part et d'autre d'une frontière peuvent s'expliquer par les méthodes utilisées et par des enjeux pouvant être différents selon les Etats ou Régions.

2.1 France

En 2011, les zones sélectionnées en France au titre de l'article 4 de la DI ont été retenues sur la base d'une enveloppe approchée des inondations potentielles (EAIP) ainsi que sur des critères d'intérêt à agir locaux.

Pour le 2ème cycle de la Directive « inondations » le réexamen de l'EPRI a conduit à une révision à minima sans nouveau calcul d'EAIP. En plus des inondations par débordement de cours d'eau qui ont été prises en compte dans l'EPRI du 1er cycle au travers de l'EAIP, l'EPRI de 2018 présente une carte informative sur les remontées de nappe.

La mise à jour de la liste des zones identifiées au titre de l'article 5 se base sur l'expertise par les services de l'Etat :

- des éléments de connaissances locaux nouveaux lorsqu'ils existent,
- des demandes de modification faites par les parties prenantes de la mise en œuvre de la DI lors de la concertation.

Suite à ce processus, la modification de la liste des zones identifiées au titre de l'article 5 est arrêtée après concertation avec les parties prenantes concernées ainsi que celles associées au processus de mise en œuvre de la DI.

2.2 Luxembourg

L'évaluation préliminaire du risque d'inondation au Luxembourg est réalisée conformément à l'article 4 de la directive sur les risques d'inondation. La méthode s'inspire des principes LAWA (recommandations pour la vérification de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation et des zones inondables selon la directive UE (2017)).

Tous les cours d'eau ayant été qualifiés de zone à risques au cours du premier cycle du PGRI sont analysés. L'évaluation s'est basée sur des études antérieures visant à déterminer les risques d'inondation pour le Luxembourg (article 13.1) a et 13.2)). En outre, deux autres cours d'eau ont été repris dans l'analyse des risques.

L'analyse des risques se base sur l'inventaire des biens potentiels à protéger dans les zones inondables (crue décennale, centennale, extrême). Les biens à protéger se répartissent en différentes catégories, à savoir l'environnement, ou les personnes et dommages matériels. En présence d'un nombre critique défini de biens à protéger dans la zone inondable, le cours d'eau est classé comme zone à risques.

2.3 Wallonie

Pour le 1er cycle de mise en œuvre de la DI, la Wallonie a appliqué l'Art13 puisqu'elle disposait déjà à l'époque de la carte de l'aléa d'inondation (version 1 de 2007) indiquant que l'ensemble de son territoire était impacté par les risques d'inondation.

Pour le cycle 2, la Wallonie a procédé à l'évaluation préliminaire de la DI telle qu'elle est évoquée à l'Art4.

Elle a donc procédé à la sélection d'événements historiques d'inondation ayant eu un impact significatif au moment où ils se sont produits et qui ont une réelle probabilité de se reproduire à l'avenir. En Wallonie, l'année charnière choisie 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'événement et une description succincte de celui-ci. Les crues historiques postérieures à 1993 font quant à elles l'objet d'une description beaucoup plus détaillée, notamment sur l'analyse des conséquences négatives de ces événements. Au total, ce sont 12 événements d'inondation postérieurs à 1993 qui ont été retenus et qui font l'objet d'une analyse approfondie.

La Wallonie a également analysé les inondations futures et leurs impacts potentiels. Cette analyse répond 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 sont pris en considération. Pour analyser les conséquences négatives potentielles des inondations futures, la couche cartographique représentant l'étendue des zones inondables pour le scénario Qextrême a été croisée avec le principal outil de planification urbanistique en Wallonie, au

niveau Régionale, 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 000ème, afin d'assurer le développement des activités humaines de manière harmonieuse et d'éviter la consommation abusive de l'espace. Ce choix intègre donc totalement le développement territorial à long terme. De plus, comme expliqué précédemment, l'utilisation du scénario extrême des zones inondables (Qextrême) 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 concentrations de ruissellement, une zone tampon de 20 mètres autour de l'axe a été appliquée afin de réaliser l'analyse.

L'évaluation préliminaire a conduit au résultat suivant pour la Wallonie : toutes les communes de la Région wallonne, soit les 262 communes, ont déjà connu au moins un évènement d'inondation depuis 1993, que ce soit par débordement de cours d'eau ou par ruissellement. Les 15 sous-bassins hydrographiques de la Wallonie sont donc considérés comme des zones à risque potentiel d'inondation.

2.4 Flandre

Contrairement au premier cycle (art. 13.1), la Flandre a procédé à l'évaluation préliminaire des risques d'inondation conformément à l'art. 4. L'évaluation préliminaire des risques d'inondation s'est fondée sur :

1. une analyse des inondations réellement survenues (analyse historique) basée sur les données du Fonds des calamités et du secteur des assurances et
2. sur une analyse des inondations futures potentielles, à savoir les inondations modélisées (analyse prédictive).

Etant donné que la Flandre dispose de modélisations des inondations couvrant pratiquement l'ensemble du territoire, l'évaluation préliminaire des risques d'inondation se basera principalement sur l'analyse prédictive. Les cartes des zones inondables et l'outil LATIS ont permis de déterminer l'impact économique, social, écologique et culturel pour 3 scénarios d'inondation (forte probabilité, probabilité moyenne et faible probabilité). L'analyse historique a principalement servi à valider les résultats.

Les développements autonomes tels que le changement climatique ont été pris en compte en examinant les tendances générales et en procédant à une évaluation de l'impact sur les résultats des analyses de la situation actuelle. Le changement climatique entraîne comme conséquence principale l'augmentation dans le temps de la probabilité de survenance des inondations, alors que la croissance socio-économique renforce la gravité des conséquences d'une inondation.

Il ressort de l'analyse prédictive que pratiquement toutes les communes flamandes sont confrontées à un risque significatif d'inondation. L'analyse historique confirme cette conclusion. De plus, il s'avère que les risques d'inondation peuvent fortement augmenter en Flandre à la suite du changement climatique et des modifications de l'utilisation du sol. C'est pourquoi, il a été décidé de désigner à nouveau l'ensemble du territoire flamand comme zone confrontée à un risque potentiel important d'inondation. Dans le cadre de l'approche intégrée de la gestion de l'eau en Flandre, il a été décidé de désigner les 11 bassins (10 dans le bassin versant de l'Escaut et 1 dans celui de la Meuse) en tant que zones de gestion des risques d'inondation, ce qui permet de continuer à garantir l'intégration des PGRI dans les plans de gestion de bassin. Ont été désignées comme sources significatives d'inondations les inondations fluviales (y compris les canaux alimentés naturellement), les inondations maritimes et pluviales (y compris la capacité déficitaire des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales (égout pluvial = regenwaterafvoer RWA), tant urbains que ruraux). Les inondations dues aux infrastructures défaillantes ou provenant de réseaux d'égouttage (écoulement par

temps sec = droogweerafvoer DWA) ont été exclues en raison de leur impact limité et de leur caractère imprévisible. Des inondations significatives dues aux eaux souterraines ne peuvent survenir en Flandre que dans la zone d'affaissement minier. La société de reconversion du Limbourg assure l'aspiration continue des eaux souterraines dans ces zones, les risques d'inondation étant ainsi sous contrôle.

2.5 Allemagne

La recommandation 'procédure pour l'évaluation préliminaire du risque d'inondation au titre de la Directive Evaluation et gestion des risques d'inondation' mise au point par le groupe de travail LAWA constitue la base unique pour l'élaboration de l'évaluation préliminaire en Allemagne.

Conformément à ces recommandations, toutes les informations pertinentes disponibles ou facilement récupérables ont été exploitées pour pouvoir tirer des conclusions concernant les risques d'inondation potentiellement significatifs. La méthode de travail harmonisée pour l'Allemagne au sein du groupe de travail LAWA est appliquée aux cours d'eau du bassin versant de la Meuse en Rhénanie Nord-Westphalie en se basant sur les résultats de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI) 2011.

Cette approche s'est basée sur le réseau de cours d'eau qui constitue aussi la base de la DCE (bassin versant de superficie supérieure à 10 km²), à savoir les cours d'eau qui ont été confrontés à des inondations par le passé et pour lesquels il existe encore d'avis d'experts le risque de voir survenir à l'avenir des inondations pouvant entraîner des conséquences significativement négatives. Tous les grands cours d'eau et affluents importants ont été intégrés dans l'approche.

L'évaluation préliminaire des risques a considéré comme significatifs sur la base de l'art. 2, alinéa 2 de la DRI les différents types d'inondations suivants : inondations dans les eaux de surface (*Fluvial Floods*), et eaux souterraines affleurant dans les zones alluviales (*Flooding from Groundwater*). Les inondations d'origine pluviale (*Pluvial floods*) provoquées par de fortes précipitations ne sont pas définies comme risque significatif, mais ordinaire étant donné que ces épisodes peuvent se produire partout et à tout moment. Les inondations dues à l'absence d'ouvrages hydrauliques ou à l'hypersollicitation des réseaux d'égouts (*Flooding from Artificial Water-Bearing Infrastructure*) sont considérées comme non significatives.

L'ensemble du processus a été encadré par des experts de la gestion de l'eau et les résultats ont été considérés comme définitivement plausibles.

Le rapport sur le "réexamen et la mise à jour de l'évaluation préliminaire des risques dans le cadre du deuxième cycle de la DRI de l'UE et la mise à jour des cours d'eau à risque" de décembre 2018 contient une partie de texte avec une description des critères d'importance et de la procédure ainsi que quatre annexes avec des informations détaillées. Le rapport et les cartes peuvent être consultés à l'adresse suivante :

https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/hwrm_nrw_vorlaeufige_bewertung_final.pdf

2.6 Pays-Bas

Pour le 1er cycle, les Pays-Bas ont appliqué la disposition transitoire de la directive (art. 13, 1b) et élaboré des cartes pour l'ensemble du territoire. Pour le 2e cycle, les Pays-Bas ont procédé à une évaluation préliminaire des risques d'inondation comme visé à l'article 4 de la directive. Tant les inondations survenues par le passé que les éventuelles inondations futures sont abordées dans cette évaluation préliminaire. Des inondations historiques à effets significatifs ont été inventoriées aux Pays-Bas. Des calculs de modèles et les connaissances des gestionnaires de l'eau sont utilisés pour déterminer les conséquences négatives potentielles des inondations futures. Cette approche est suivie tant pour la situation dans laquelle les terres sont protégées contre les inondations par un barrage anti-tempête (dunes, retenues, écluses, barrages, digues) que pour la situation dans laquelle l'eau peut pénétrer librement dans les terres. Dans la 1ère situation, il existe un risque potentiellement significatif d'inondation pour les régions protégées par des barrages anti-tempête primaires contre les inondations provenant du réseau hydrographique principal (tel que la Mer du Nord, le Rhin et la Meuse). Des normes nationales s'appliquent à ces ouvrages de protection. Les régions protégées contre les inondations provenant de cours d'eau régionaux par des ouvrages de protection (secondaires) soumis à des normes régionales connaissent également un risque potentiellement significatif d'inondation. Dans le second type de situation, il existe également une série de cours d'eau susceptibles de constituer un risque potentiellement significatif d'inondation. Les inondations provenant de cours d'eau régionaux transfrontaliers relèvent de ce groupe. Le cours principal de la Meuse et les eaux transfrontalières ont fait l'objet d'une coordination avec l'Allemagne, la Wallonie et la Flandre.

Une première analyse a été consacrée aux inondations pouvant découler directement de précipitations intenses (inondations pluviales) sans intervention des eaux de surface. Une étude de suivi s'impose avant de pouvoir tirer des conclusions de cette première étude. Des inondations à partir de réseaux d'égouts et dues au débordement des eaux souterraines ne constituent pas un risque potentiellement significatif d'inondation.

3. Echange d'informations préalable à l'élaboration des cartes des zones inondables et des risques d'inondation

Les Etats du DHI Meuse ont produit, conformément à la DI, des cartes des zones inondables et des cartes des risques d'inondation. Les échanges d'informations requis à cet effet pour les cours d'eau transfrontaliers se sont déroulés pendant les réunions bilatérales et ont fait l'objet d'une synthèse de la CIM (Minond/19-16def). Ces échanges ont concerné les débits utilisés par les Etats pour les 3 scénarios de crues à cartographier.

3.1 France

En France, il n'y a pas eu d'actualisation des cartes réalisées au 1er cycle de mise en œuvre de la DI.

Les cartographies et les rapports de présentations sont disponibles aux liens suivants :

- <http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/cartographie-des-surfaces-inondables-des-tri-a15506.html> (Bassin Versant de la Meuse)
- <http://www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr/?Cartographie-des-TRI> (Bassin Versant de la Sambre)

Pour mémoire, sont concernées par l'échange préalable, les zones à risque potentiel important d'inondation (art.5 de la DI) de :

- la Chiers à Longwy à la frontière avec le Luxembourg et la Belgique (Wallonie)
- la Meuse entre Sedan et Givet à la frontière avec la Belgique (Wallonie)
- la Sambre de Leval à Jeumont à la frontière avec la Belgique (TRI de Maubeuge)

3.2 Luxembourg

Le Luxembourg a engagé un travail d'actualisation des cartes des ZI et des risques d'inondation (RI) pour les nouveaux cours d'eau du BV de la Meuse sélectionnés en 2018 (Chiers).

Les projets de carte sont disponibles sur le site internet : <https://www.geoportail.lu/>.

Les lignes d'eau ont été réalisées à partir de modèles hydrauliques 1D et 2D.

Le tronçon de la Chiers situé en dehors du territoire luxembourgeois n'a pas été cartographié.

Cependant, ce ne sont pas les cartes finales, mais seulement un projet qui a été mis à la disposition du public lors de la consultation du public pour permettre des commentaires. Après évaluation de ces commentaires, les cartes seront finalisées et publiées sur le Géoportail.

3.3 Wallonie

L'élaboration des cartes des zones inondables et des risques d'inondation est réalisée sur base d'une méthodologie approuvée par le Gouvernement wallon et en cohérence avec la réalisation de la carte de l'aléa d'inondation, outil de référence pour la remise d'avis en matière de délivrance de permis en Wallonie.

Les cartes des zones inondables réalisées pour la Wallonie concernent les inondations dues au débordement de cours d'eau et celles dues au ruissellement. Elles sont dressées à l'échelle du 1/10000ème pour les scénarios suivants :

- Scénario T025 de période de retour de 25 ans ;
- Scénario T050 de période de retour de 50 ans ;
- Scénario T100 de période de retour de 100 ans ;
- Scénario T_extr de période de retour extrême.

Pour le volet inondation par débordement de cours d'eau de ces cartes, différentes sources de données sont utilisées :

- des statistiques hydrologiques ;
- les résultats de modélisations hydrauliques ;
- des observations de terrain ;
- les résultats de la méthode hydropédologique ;
- la couche géologique de l'holocène.

Des emprises d'inondation ont ainsi pu être délimitées. Le changement climatique est pris en compte au travers du scénario extrême figurant sur les cartes des zones inondables.

Pour le volet inondation par ruissellement de ces cartes, les sources de données utilisées et introduites dans un modèle hydrologique sont :

- modèle numérique de terrain ;
- types de sol et occupation du sol ;
- statistiques pluviométriques locales.

Des axes de ruissellement ont ainsi pu être générés et des débits de pointe calculés.

Vu les différentes sources de données disponibles, il s'est avéré nécessaire de définir des règles d'intégration afin d'établir des cartes cohérentes et reproductibles. A cette fin, des procédures automatisées ont été développées.

Quant aux cartes des risques d'inondation, elles se composent des emprises des zones inondables relatives à chacun des scénarios et des récepteurs de risques (enjeux) identifiés dans ces emprises. Les récepteurs de risques ou enjeux sont humains, économiques, environnementaux et patrimoniaux.

Avant leur publication et leur approbation par le Gouvernement wallon, ces cartes font l'objet d'une évaluation des incidences environnementales et d'une enquête publique.

Des échanges d'information préalables à cette actualisation ont été entrepris avec les Régions/Pays limitrophes conformément à l'annexe 1.

3.4 Flandre

La Flandre élabore des cartes des zones inondables et des risques d'inondation pour les inondations pouvant avoir une série d'origines différentes :

- inondations fluviales, il s'agit d'inondations causées par des fleuves et rivières, y compris des canaux alimentés naturellement
- inondations côtières, inondations d'origine maritime
- inondations pluviales, il s'agit d'inondations dues à des précipitations intenses, en ce compris le déficit capacitaire des réseaux d'eaux pluviales, tant urbains que ruraux

Les cartes des zones inondables sont les cartes qui décrivent les "propriétés physiques" des inondations, comme les contours des inondations, les hauteurs d'eau et vitesses de courant.

Les cartes des risques d'inondation sont les cartes qui cartographient les conséquences pour l'homme, l'écologie, l'économie et le patrimoine culturel. Les cartes flamandes des risques reprennent :

- le nombre indicatif d'habitants potentiellement touchés,
- le type d'activité économique dans la zone potentiellement touchée,
- les installations polluantes et les zones protégées potentiellement touchées,
- les établissements particulièrement vulnérables (hôpitaux, établissements de soins, ...),
- les infrastructures linéaires ; routes, voies ferroviaires et lignes de bus,
- les infrastructures critiques (approvisionnement en énergie et en eau, pompiers, protection civile, ...)

4 types de cartes des dommages et risques sont en outre élaborées à l'aide d'un outil SIG spécifique :

- Impact économique ;
- Impact social ;
- Impact écologique ;
- Impact sur le patrimoine culturel.

Les cartes sont élaborées tant pour le climat actuel que pour le climat futur, à l'horizon 2050. Toutes les cartes sont mises à disposition par le biais d'un portail.

3.5 Allemagne

Les recommandations pour l'élaboration des cartes des zones inondables et des risques d'inondation mises au point par la communauté de travail fédérale/des états fédérés Eau constituent la base uniforme pour l'élaboration des cartes des zones inondables et des risques d'inondation en Allemagne. Ces recommandations ont permis de réaliser des cartes très homogènes quant au fond et à la conception qui s'agencent bien au-delà des limites des Länder.

Les cartes pour la Rhénanie-du-Nord-Westphalie concernent les inondations dues aux eaux de surface.

Ces cartes doivent non seulement représenter les dangers inhérents aux inondations (étendue des crues), mais également les effets négatifs, à savoir :

- le nombre (indicatif) d'habitants potentiellement touchés,
- les types d'activités économiques dans la zone potentiellement touchée
- les installations visées à l'annexe I de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution), et les zones protégées potentiellement touchées visées à l'annexe IV, point 1 i), iii) et v), de la directive 2000/60/CE ;
- les effets sur le patrimoine culturel

Avant leur publication, les cartes font l'objet d'une coordination avec le public spécialisé (arrondissements et communes, waterings).

3.6 Pays-Bas

Pour les installations primaires de protection contre les inondations, les Pays-Bas sont passés en 2017 d'une normalisation basée sur la probabilité d'occurrence de niveaux d'eau à une normalisation basée sur la probabilité d'inondations. Dans le second cycle de la DI, les Pays-Bas ont décidé d'élaborer pour les zones protégées des cartes basées sur les probabilités de crue actuellement disponibles. Dans le premier cycle de la DI en revanche, les Pays-Bas se sont basés sur la norme de probabilité d'occurrence de niveaux d'eau pour les zones protégées. Cette modification s'explique par le fait que les cartes établies au titre de la DI doivent donner conscience aux citoyens du risque auquel ils sont actuellement exposés.

Sur la base de l'évaluation préliminaire des risques et de la désignation des zones à risques potentiels importants d'inondation, les Pays-Bas mettent au point des cartes qui représentent les crues des fleuves et lacs (fluvial), les crues côtières (sea water) et des canaux de navigation (Artificial Water Bearing Infrastructure).

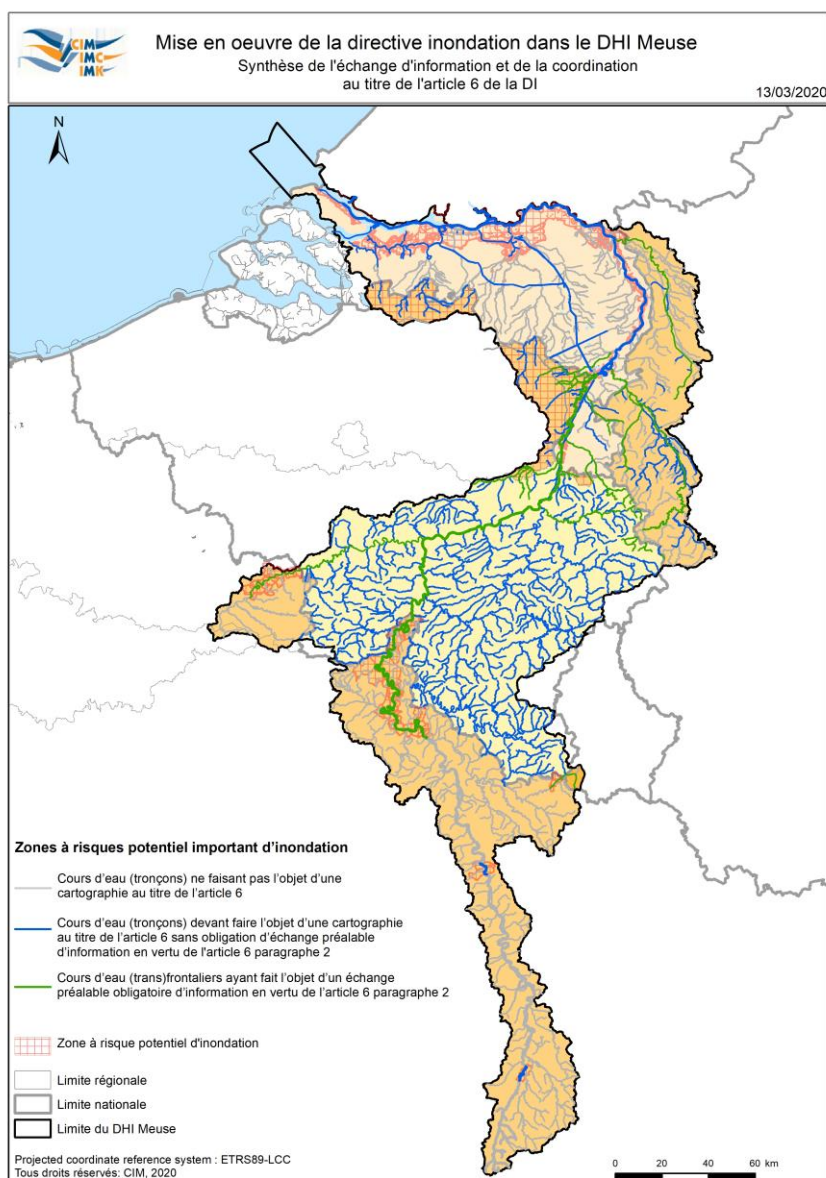
Le littoral du bassin de la Meuse est intégralement compris dans le territoire néerlandais et l'impact des niveaux d'eau de la mer du Nord, y compris celui qu'une éventuelle montée du niveau de la mer pourrait avoir sur les niveaux d'eau de la Meuse et du Rhin, se limite aux Pays-Bas.

Sur la base des débits calculés avec des scénarios climatiques du KNMI, les débits extrêmes augmentent et un scénario de crue survenant aujourd'hui tous les 100 ans se produira plus fréquemment à l'avenir. Les Pays-Bas tiennent compte du changement climatique dans les mesures de gestion du risque d'inondation.

Le tableau de l'annexe 2, présente un aperçu des cours d'eau (trans)frontaliers à risque potentiel important d'inondation dans le DHI Meuse. Ce tableau reprend en outre les hypothèses hydrologiques associées aux cartes des zones inondables de ces cours d'eau, et ce pour les différents scénarios de crue prévus⁶.

Ce tableau permet de documenter la coordination de la réalisation des cartes des zones inondables à l'échelle du DHI Meuse.

La carte n° 4 résulte de l'échange d'information préalable à l'élaboration des cartes des zones inondables et des risques d'inondation.



Carte 4 : Synthèse de l'échange d'informations au titre de l'article 6 §2 de la DI

⁶ Article 6 § 3 de la DI

4. Principes relatifs aux objectifs et aux mesures

Pour les objectifs et mesures figurant dans ce document faîtier du PGRI, une distinction claire est faite entre le niveau stratégique, le niveau général de synthèse du DHI Meuse et le niveau opérationnel de mise en œuvre des Etats / Régions parties de la CIM.

4.1 Dispositions de la Directive relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation (DI)

Les objectifs fixés pour la gestion des risques d'inondation dans le présent document faîtier du PGRI pour le DHI Meuse doivent tenir compte des principes mentionnés dans la DI et des considérants ayant conduit à son adoption.

Une approche concertée et coordonnée à l'échelle du bassin dans le cadre de la gestion des risques d'inondation doit permettre de contribuer à la réduction des risques de dommages dus aux inondations⁷.

Les inondations qui surviennent dans l'ensemble de l'UE sont de natures diverses et les dommages causés par celles-ci peuvent varier d'un Etat et d'une région à l'autre. Par conséquent, les objectifs de la gestion des risques d'inondation sont fixés par les États membres eux-mêmes et tiennent compte des particularités locales et régionales⁸. Ceci est conforme au principe selon lequel chaque Etat est responsable de la définition des objectifs sur son territoire.

Le document faîtier est élaboré à partir des contributions nationales et régionales. L'accent est mis sur les aspects transfrontaliers, sur la solidarité et sur les mesures ayant un impact transfrontalier.

Le PGRI met l'accent sur la prévention, la protection, la préparation et le retour à la normale.

La solidarité mise en avant par la DI s'appuie sur les deux principes suivants :

- Les Etats membres ne peuvent pas prévoir de mesures susceptibles d'avoir des impacts transfrontaliers négatifs à moins que celles-ci aient été coordonnées entre les Etats membres concernés et qu'une solution commune ait été dégagée.
- Les Etats membres devraient être encouragés à s'efforcer de répartir équitablement les responsabilités lorsque des mesures concernant la gestion des risques d'inondation sont décidées conjointement dans l'intérêt de tous ⁹.

4.2 Objectifs au niveau stratégique

L'objectif stratégique de la DI est de réduire les conséquences négatives potentielles d'une inondation sur la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique.

On ne peut gérer efficacement le risque d'inondation que si on connaît réellement ce risque, si on sait l'évaluer concrètement, si on prend à temps les mesures préventives requises et si on sait réagir rapidement et correctement en situation de crise.

⁷ Considérants n°3, 5, 6, 13, 15 et 17 de la DI

⁸ Considérant n° 10 de la DI

⁹ Article 7 § 4 et considérant n° 15 de la DI

La gestion des risques d'inondation, doit être durable et intégrée aux autres politiques européennes. La stratégie de gestion à atteindre doit être écologiquement raisonnable, économiquement équilibrée et socialement acceptable.

A cet effet, la gestion du risque d'inondation doit s'appuyer sur les principes essentiels de partage des responsabilités, de solidarité et de proportionnalité et de synergie avec les autres politiques communautaires.

4.2.1 Partage efficient des responsabilités, basé sur la subsidiarité

Il n'existe pas de sécurité absolue dans le cas de catastrophes naturelles (par ex. les crues extrêmes) et il convient donc d'apprendre à vivre avec certains risques résiduels.

L'objectif consiste à rechercher le niveau le plus pertinent de l'action publique, afin de ne pas faire à un niveau plus élevé ce qui peut l'être avec plus d'efficacité à l'échelle locale. Ce principe de mobilisation des acteurs à l'échelle la plus pertinente doit également permettre la prise en compte de la spécificité des territoires.

L'objectif est également d'amener un large public à prendre conscience du risque d'inondation et à ancrer durablement cette conscience dans les esprits. A ceci s'ajoute la préparation des activités de gestion des catastrophes en situation d'inondation et la restauration/remise en état après une crue.

4.2.2 Solidarité face aux risques d'inondation

La solidarité entre les acteurs est renforcée et affirmée, notamment afin d'éviter que par les mesures de protection prises par une partie, les effets des inondations soient déplacés sur d'autres territoires sans que des accords communs préalables aient été pris et aussi pour tenter de répartir équitablement les responsabilités lorsque dans le cadre de la gestion des risques d'inondation des mesures sont prises conjointement dans l'intérêt de tous.

4.2.3 Proportionnalité des actions : établir un programme des priorités basé dans la mesure du possible sur une analyse coûts-bénéfices

Le PGRI établit des priorités entre les mesures à prendre en tenant compte des moyens humains, techniques et financiers mobilisables à mettre en œuvre par tous les acteurs concernés, d'une part, et des résultats et bénéfices escomptés, d'autre part.

En ce qui concerne les objectifs, il y a lieu de distinguer selon la fréquence de l'événement considéré : chaque aspect d'un objectif et/ou d'une mesure doit être défini au regard de sa pertinence face à la fréquence et à l'ampleur de l'événement.

4.3 Objectifs transnationaux du DHI Meuse

- Objectif 1 : Coordination internationale et coordination pertinente des mesures à impact transfrontalier ;
- Objectif 2 : Amélioration de la prévision et de l'annonce de crue ;
- Objectif 3 : Amélioration de la connaissance systémique des inondations.

5. Synthèse des mesures transnationales

5.1 Mesures associées à l'objectif n°1 : coordination internationale et pertinente des mesures à impact transfrontalier

Toutes les Parties contractantes à la CIM s'accordent sur le fait (extrait de la partie faitière du PGRI 2015) :

- d'échanger des informations sur les nouvelles politiques nationales en matière de prévention des risques d'inondation ;
- d'identifier les mesures envisagées qui sont susceptibles d'avoir une influence dans un Pays/Région situé dans le DHI Meuse ;
- de procéder préalablement à leur adoption formelle à une concertation pour les projets de mesures susceptibles d'avoir une influence négative avec la(les) partie(s) concernée(s) ;
- de communiquer à la CIM les conclusions de cette concertation comme résultat concret de la coordination internationale prévue à l'article 8 de la DI ;
- de transcrire dans un rapport de la CIM les échanges d'informations et les conclusions.

A cet effet, les mesures figurant dans la liste européenne ont fait l'objet au sein de la CIM d'une évaluation pour déterminer les types de mesures qui ont un effet transfrontalier potentiel ainsi que la forme de coordination souhaitée (cf. annexe 3).

Le tableau présente en regard des types de mesures, les formes de coordination internationale / d'échange international souhaitées au sein du DHI Meuse :

- mesure ou type de mesures pour lequel une coordination ou un échange d'information ne se justifie pas ;
- mesure ou type de mesures pour lequel un échange d'information est nécessaire ;
- mesure ou type de mesures pour lequel une coordination multilatérale s'impose soit en vertu des impositions de la DI soit en raison de la plus-value apportée par cette coordination.

Ce classement constituera la base pour les mesures qui seront examinées à l'échelle du DHI Meuse dans le cadre de l'art. 7, alinéa 4 dans ce deuxième PGRI.

5.2 Mesures associées à l'objectif n°2 : Amélioration de la prévision et de l'annonce des crues

La prévision et l'annonce des crues sont des moyens précieux pour réduire les dommages liés aux inondations par la mise en sécurité en temps voulu des personnes et des biens potentiellement en danger.

Cette prévision ou annonce des crues nécessite toutefois des mesures en temps réel des conditions hydrologiques (hauteurs d'eau et/ou débits) sur les cours d'eau concernés et leurs affluents.

Les mesures hydrologiques sont combinées à des mesures météorologiques afin de produire des prévisions de débit.

Les Etats / Régions du DHI Meuse sont d'autant plus dépendants de la disponibilité des mesures en temps réel des conditions hydrologiques qu'ils sont situés sur les parties aval des cours d'eau, car l'évolution des débits dépend de ce qui se passe en amont.

Le suivi de ces conditions hydrologiques est assuré par les réseaux de stations de mesures dont la maintenance, les réparations, l'étalonnage, le remplacement voire le développement représentent un coût financier non négligeable pour les Etats / Région concernés.

Une description de l'organisation des services de prévision des crues dans le DHI de la Meuse est disponible en annexe 7.

Le développement ou l'amélioration des outils de prévision ou d'annonce des crues dans les Etats / Régions du DHI Meuse est dépendant des données hydrologiques historiques et mesurées en temps réel mises à leur disposition.

Dans ce contexte, les services responsables de l'hydrométrie et de la prévision ou annonce des crues dans les Etats / Régions Parties à la CIM ont conclu le 19 juillet 2017 une convention multilatérale d'échange de données et prévisions hydrologiques (hauteurs, débits) basée sur les conditions / principes suivant(e)s :

- le maintien de l'organisation actuelle de l'annonce et de la prévision des crues
- la gratuité des échanges et l'absence de coûts additionnels
- la réciprocité des échanges
- la non-diffusion des informations à des tiers.

Ce paragraphe sera actualisé suite au séminaire des Services de Prévision des Crues du DHI de la Meuse qui aura lieu en cours d'année 2021.

5.3 Mesures associées à l'objectif n°3 : Amélioration de la connaissance systémique des risques d'inondations

Les conditions météorologiques qui engendrent les débordements des cours d'eau du DHI ne connaissent pas les frontières administratives des Etats ou des Régions parties à la CIM.

Elles créent plutôt une dépendance entre l'amont et l'aval et rendent la coopération internationale nécessaire, car ce n'est que de cette manière que peuvent être mis au point des instruments pour l'analyse et la prévision des crues, élaborés à partir de bases techniques solides (cartes des zones inondables, cartes des risques d'inondation ...), qui permettent, pour le présent et le futur, au vu du changement climatique attendu, la gestion des crises, d'une part, et la fixation de priorités et des décisions techniques, financières et politiques en matière de gestion des risques d'inondation, d'autre part.

Dans ce contexte, les Etats / Régions parties à la CIM s'accordent sur le fait :

- de faciliter l'échange de données topographiques, pédologiques, météorologiques, hydrologiques validées (si disponibles) nécessaires au développement ou à l'amélioration de modèles hydrologiques ou hydrauliques ;
- de faciliter l'échange des études réalisées sur la base de ces modèles dans le but de comparer leurs résultats ;
- ces échanges doivent se faire dans le respect des droits de propriété liés à ces données, modèles et résultats ;
- ces échanges ne doivent pas générer de coûts supplémentaires pour l'Etat / Région d'où sont issus ces données, modèles et résultats.

Dans ce contexte, il convient également de mentionner que l'Université de Liège, en collaboration avec l'institut de connaissance néerlandais Deltares, organise régulièrement un colloque international sur la Meuse qui traite notamment d'hydrologie.

6. Analyse coûts- bénéfices

Les analyses coûts-avantages sont effectuées par les pays/régions. Les méthodes utilisées varient selon les pays/régions. Il n'existe pas de méthode commune pour le bassin de la Meuse.

Pour la plupart des Etats / Régions du DHI Meuse l'analyse coûts-avantages n'est réalisée que pour les mesures structurelles.

7. Evaluation des progrès accomplis dans la réalisation des objectifs

Afin de s'assurer de l'état d'avancement et des progrès réalisés dans le cadre de la mise en œuvre des mesures prévues à la partie faîtière du PGRI Meuse, les Etats / Régions de la CIM ont convenu d'un certain nombre d'indicateurs de suivi qui sont énumérés dans les paragraphes suivants.

Le GT H de la CIM est chargé de réaliser le suivi de la mise en œuvre de la partie faîtière du PGRI.

7.1 Indicateurs de suivi de l'objectif n°1 : coordination internationale et coordination pertinente des mesures à impact transfrontalier

L'objectif 1 est suivi à l'aide des paramètres suivants :

- nouvelles politiques nationales en matière de gestion des risques d'inondation ;
- mesures identifiées qui sont susceptibles d'avoir une influence dans un autre Etat / une autre Région situés dans le DHI Meuse ;
- résultats des concertations multi-ou bilatérales réalisées entre Etats / Régions parties à la CIM sur des mesures susceptibles d'avoir une influence négative dans un autre Pays / Région situés dans le DHI Meuse.

7.1.1 France

Depuis l'élaboration du PGRI 2016 – 2021, des évolutions réglementaires sont survenues dans le droit français en matière de gestion du risque inondation :

- la reconnaissance d'une compétence spécifique relative à la gestion des milieux aquatiques et à la protection contre les inondations (GEMAPI) a été introduite dans le code de l'environnement par la loi dite « MAPTAM » du 27 janvier 2014. Ce texte a fléchi l'exercice de cette compétence vers les communes et établissements publics de coopérations intercommunales. Plusieurs lois/décrets ont accompagné la mise en œuvre de cette compétence dite « GEMAPI ».

Parmi ceux-ci, le décret du 12 mai 2015 dit « décret digue » définit deux types d'ouvrage de protection vis-à-vis des inondations : les « systèmes d'endiguement » et « les aménagements hydrauliques ». La structure compétente en matière de protection contre les inondations doit définir en premier lieu la zone à protéger et le niveau de protection.

- La prise en compte systématique de la défaillance des systèmes d'endiguement et l'élaboration de scénarii de défaillance des ouvrages (effacement ou brèche) dans le

cadre de l'élaboration des plans de prévention des risques (PPR) par le décret du 5 juillet 2019.

7.1.2 Luxembourg (en attente de proposition de texte)

7.1.3 Wallonie

En décembre 2016, le Gouvernement Wallon a approuvé les modifications de la partie réglementaire du livre II du Code de l'Environnement, contenant le Code de l'Eau. Dont l'art. 277, mettant en exergue la priorité d'infiltrer les eaux pluviales à la parcelle dans le cadre du règlement général d'assainissement des eaux urbaines résiduaires.

Un nouveau décret portant sur les Cours d'Eau est entré en vigueur en Wallonie, le 15 décembre 2018. Ce nouveau décret abroge la loi du 28 décembre 1967 sur les cours d'eau non navigables et la loi du 5 juillet 1956 relative aux Wateringues.

L'objectif de ce décret est d'instaurer un cadre juridique global et transversal de la gestion intégrée, équilibrée et durable des cours d'eau wallons. Cette gestion doit désormais prendre en compte le caractère multifonctionnel des cours d'eau, c'est à dire concilier leurs fonctions hydraulique, écologique, économique et socio-culturelle.

Dans cette perspective, la Wallonie s'est dotée d'un outil de planification et de coordination des cours d'eau. Il s'agit des PARIS (Programmes d'Actions sur les Rivières par une approche Intégrée et Sectorisée). Chaque secteur PARIS fait l'objet d'un état des lieux et les gestionnaires procèdent à la détermination et à la hiérarchisation des enjeux (hydraulique, économique, écologique et socio-culturel). Ils assignent des objectifs de gestion, puis planifient les actions à mener pour parvenir aux objectifs fixés. Un PARIS par sous-bassin hydrographique est établi et ceux-ci regroupent dans un document unique, toutes les informations et les interventions prévues sur les cours d'eau pour une période de 6 ans. La première période PARIS porte, également, sur la période 2022-2027.

7.1.4 Flandre

Le 3 avril 2020, le Gouvernement flamand a arrêté la troisième note politique sur l'eau. Cette note politique fixe les grandes lignes de la vision du Gouvernement flamand concernant la politique intégrée de l'eau et contient un aperçu des principales questions en matière de gestion de l'eau. Le texte de la vision de la troisième note politique sur l'eau s'articule autour de 3 objectifs stratégiques reprenant 6 enjeux qui sont ensuite concrétisés au travers d'une série d'objectifs plus spécifiques indiquant ce que le Gouvernement flamand souhaite réaliser et comment. Le 2^e objectif stratégique concerne la recherche par le biais de la prévention, de la protection et de l'état d'alerte d'une sécurité multi-niveaux de l'eau et d'une gestion des risques de sécheresse. Le 3^e enjeu de cet objectif stratégique concerne la réduction durable des risques d'inondation.

Les objectifs inhérents à la réduction durable des risques d'inondation se déclinent comme suit :

- amortir les effets du changement climatique
- limiter les dégâts dus aux inondations
- prendre conscience du risque d'inondation et inciter à agir
- l'eau retrouve l'espace dont elle a besoin
- réduire le ruissellement en surface de l'eau et des sédiments

7.1.5 Allemagne

Dans le cadre de la mise en œuvre de la directive européenne sur la gestion des risques d'inondation, les plans de gestion des risques d'inondation (PGRI) spécifiques à chaque Etat, établis pour la première fois en 2015, seront mis à jour d'ici décembre 2021. Toutefois, contrairement au 1^{er} cycle, des PGRI coordonnées entre les Etats fédéraux, c'est-à-dire liés aux bassins hydrographiques, seront élaborés au cours du 2^e cycle. Par conséquent, les intérêts de la Rhénanie-du-Nord-Westphalie sont également pris en compte dans la mise à jour des PGRI nationaux.

La préparation de ces plans est coordonnée par les bureaux respectifs de la communauté de bassin fluvial (Flussgebietsgemeinschaft - FGG) avec la participation des états fédéraux concernés. Le bassin fluvial allemand de la Meuse se trouve exclusivement en Rhénanie-du-Nord-Westphalie (NRW). À cet égard, le gouvernement du district de Cologne est responsable de la préparation du PGRI de la Meuse, sans aucune coordination avec les autres États fédéraux. Toutefois, le PGRI de la Meuse est élaboré en étroite conformité avec les spécifications convenues au niveau national et s'appuie notamment sur les travaux relatifs au PGRI du Rhin.

Il existe un échange régulier avec les Pays-Bas par l'intermédiaire de la Commission permanente germano-néerlandaise des eaux frontalières et d'un groupe de travail sur les inondations au sein duquel les questions transfrontalières sont discutées. En outre, les Pays-Bas et la Wallonie participent via la participation du public à la préparation du PGRI par le gouvernement du district de Cologne.

7.1.6 Pays-Bas

Depuis le 1er janvier 2017, les Pays-Bas disposent de nouvelles normes de sécurité pour les défenses primaires contre les inondations, qui ont été intégrées dans la loi sur l'eau. L'objectif de ces nouvelles normes est d'atteindre un niveau de protection de base de 1/100.000 aux Pays-Bas dans les zones protégées par les défenses primaires d'ici 2050. Cela signifie qu'en 2050, le risque de décès dû aux inondations dans ces zones ne pourra pas dépasser 1/100.000 par an pour chaque individu.

Les nouvelles normes sont basées sur une approche des risques d'inondation. Cela signifie que non seulement la probabilité d'une inondation est prise en compte, mais aussi les conséquences possibles (dommages, pertes) d'une inondation. Plus les conséquences potentielles sont importantes, plus les normes de défense contre les inondations sont élevées. D'ici 2050, tous les ouvrages de protection contre les inondations aux Pays-Bas devront répondre à ces nouvelles normes juridiques. Les normes sont exprimées en termes de probabilité d'inondation maximale admissible par section de digue. Les normes sont divisées en neuf classes allant de 1/100 à 1/1 000 000.

Afin de se conformer à la nouvelle norme de protection contre les inondations en 2050, la plupart des défenses contre les inondations aux Pays-Bas devront être augmentées et renforcées. La programmation du renforcement des défenses contre les inondations se fait dans le cadre du Programme de protection contre les inondations (HWBP). Dans le cadre de ce programme, le Rijkswaterstaat et les offices des eaux travaillent en collaboration pour mettre les Pays-Bas en sécurité face aux risques liés à l'eau en 2050.

Le programme de gestion intégrée des rivières (GIR) a été lancé en 2019. Ce programme établira une vision intégrée pour la zone fluviale. Avec ce programme, les Pays-Bas veulent travailler à une gestion durable des rivières. Dans les années à venir, une nouvelle politique sera élaborée pour la capacité hydraulique et l'emprise au sol des rivières.

Tableau 3 : nombre de mesures des 1ers PGRI identifiées comme susceptibles d'avoir une influence dans un autre Etat / une autre Région situés dans le DHI Meuse

Aspects de la gestion des risques d'inondation		FR		WL		VL		NL		DE		Total	
		En cours	Concertées	En cours	Concertées	En cours	Concertées	En cours	Concertées	En cours	Concertées	En cours	Concertées
Prévention	modélisation et évaluation des risques d'inondation ^(a)	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2
	évaluation de la vulnérabilité	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	programmes ou politiques de maintenance ^(b)	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Protection	Gestion naturelle des inondations / gestion des écoulements et de la rétention	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Régulation du débit	0	0	1 ^(c)	0	1 ^(d)	0	1 ^(d)	0	0	0	3	0
	Travaux en cours d'eau, sur les côtes et dans le lit majeur	0	0	0	0	3 ^(e)	0	3 ^(e)	0	0	0	6	0
	Gestion des eaux de surface	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
	Autres mesures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Préparation	Prévision et annonce de crues ^(f)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5
	Plan de gestion de crise / catastrophe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Remise en état et retour d'expérience	Leçons apprises des épisodes de crue	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		1	2	5	4	5	1	5	1	1	1	17	9

(a) modélisation et évaluation des risques d'inondation (FR- WL) : Chiers, Messancy, Gueule en cours ; Houille réalisé

(b) programmes ou politiques de maintenance (WL) : réunion via les Contrats de Rivière

(c) Régulation du débit (WL) : Projet Interreg Chiers, Messancy

(d) Régulation du débit (NL-VL) : Ceci concerne la mesure Thorn-Wessem. Cette mesure a une frontière commune avec la Flandre. Thorn-Wessem est un projet de renforcement des digues, dans lequel la capacité de stockage d'eau existante est maintenue malgré le renforcement prévu des digues.

(e) Travaux en cours d'eau, sur les côtes et dans le lit majeur (NL-VL) :

- Ces dernières années, le projet Grensmaas a été réalisé aux Pays-Bas. Le projet Grensmaas comprend l'élargissement de la rivière, le renforcement des digues et le déplacement des digues. Dans une large mesure, ces interventions ont déjà été réalisées. La coordination du projet Grensmaas a eu lieu au sein de la commission bilatérale flamande-néerlandaise de la Meuse.

- Les nouvelles normes pour les digues néerlandaises (2017) entraîneront la hausse d'un grand nombre de tronçons de digues aux Pays-Bas au cours des prochaines décennies (qui devront être achevés au plus tard en 2050). Cela entraînera une hausse des niveaux d'eau sur une grande partie du cours de la Meuse de la zone commune aux Pays-Bas et à la Flandre. À titre de compensation, les Pays-Bas mettront en œuvre un certain nombre de mesures dites d'exploitation du système (augmentation de la capacité de stockage d'eau ou de débit), qui limiteront cet effet d'élévation du niveau de l'eau. Cette question a été discutée au sein de la commission bilatérale flamande et néerlandaise de la Meuse.

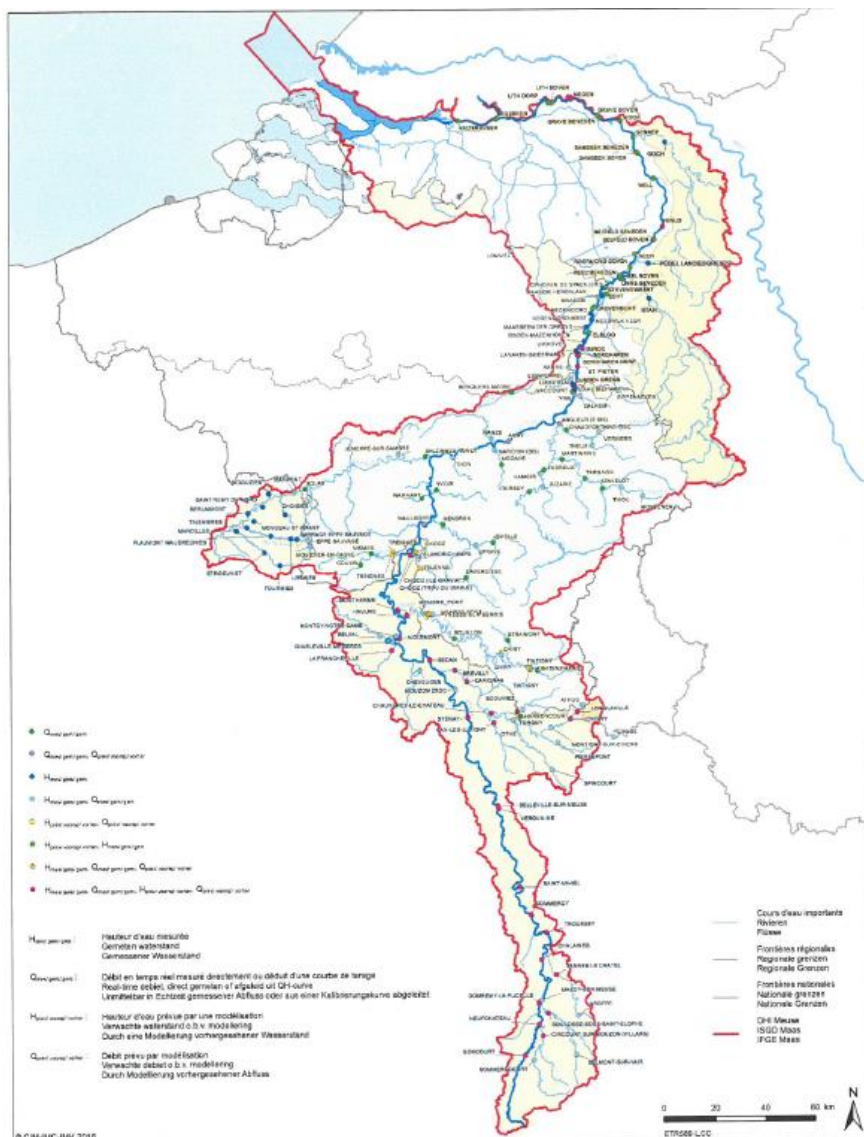
- Cette mesure concerne Thorn-Wessem. Le tracé de la digue néerlandaise à renforcer est relié au tracé de la digue flamande. La connexion fera l'objet d'une consultation. En outre, une coordination est en cours sur la stabilité du barrage dit "Koningssteendam" à la frontière néerlandais-flamande, qui est important pour la charge hydraulique de la défense néerlandaise contre les inondations en aval, près de Thorn-Wessem.

(f) Prévision et annonce de crues : échange de données, débits (Convention d'échange de données et de prévision des crues au sein du DHI Meuse).

7.2 Indicateurs de suivi de l'objectif n°2 : amélioration des systèmes de prévision et d'annonce des crues

L'objectif 2 est suivi à l'aide des paramètres suivants :

- résultats de la convention d'échange de données et de prévision des crues au sein du DHI Meuse entrée en vigueur le 19 juillet 2017 (par exemple nombre, localisation et type de stations d'observation ou d'annonces concernées par les échanges de données) ;



Carte 5 : stations de la convention d'échange de données et de prévision des crues au sein du DHI Meuse

Tableau 4 : nombre de stations de mesure et de prévision des crues au sein du DHI Meuse

	Hauteur	Débit	Prévision hauteur	Prévision débit
Luxembourg	1	1	0	0
France	59	42	33	33
Wallonie	28	52	0	9
Flandre	12	3	0	0
Pays-Bas	28	6	28	6
Allemagne	3	0	0	0
Total	131	104	61	48

- résultats des échanges techniques ;

Ce paragraphe sera actualisé suite au séminaire des Services de Prévision des Crues du DHI de la Meuse qui aura lieu en cours d'année 2021.

- autres actions réalisées pour améliorer la prévision / l'annonce de crue (outils développés ou utilisés en commun, exercices communs, etc.).

Ce paragraphe sera actualisé suite au séminaire des Services de Prévision des Crues du DHI de la Meuse qui aura lieu en cours d'année 2021.

7.3 Indicateur de suivi de l'objectif n°3 : amélioration de la connaissance systémique des risques d'inondation

L'objectif 3 est suivi à l'aide des paramètres suivants :

- type de données échangées par les Etats/Régions de la CIM comme l'échange d'informations préalable à l'élaboration des cartes des zones inondables et des risques d'inondation (chapitre 3 + Annexes 1 et 2) et l'échange des connaissances disponibles sur le changement climatique ; une synthèse des études disponibles sur les effets potentiels du changement climatique sur l'évolution des débits de crue a été faite au paragraphe 9.2 complété par l'annexe 6 ; le compte rendu de l'Atelier conjoint CIM – CIE sur l'adaptation climatique est également disponible sur le site de la CIM (Mregie/16-5).
- produits et outils réalisés en commun par des Etats/Régions de la CIM : dans ce cadre une analyse rétrospective des crues du DHI de la Meuse a été réalisée en annexe 5.

8. Communication, information et consultation du public

De la même manière que pour la DCE, la CIM a réalisé une consultation du public à l'échelle du DHI Meuse, via son site internet sur une durée de 6 mois afin d'informer la population de son plan et du contenu de la partie faîtière.

Les modalités de communication, d'information et de consultation du public conformément aux obligations des articles 9 et 10 de la DI ont été respectées.

9. Prise en compte des effets du changement climatique

La quasi-totalité des instituts de recherche en météorologie dans le bassin de la Meuse prévoient un changement climatique global. Même des mesures de protection rapides et efficaces ne pourraient pas empêcher le changement climatique qui se dessine, car à titre d'exemple, les effets du dioxyde de carbone relâché aujourd'hui dans l'atmosphère vont perdurer pendant encore 30 à 40 ans et contribueront au réchauffement. En outre, avec les besoins énergétiques mondiaux actuels, il est impossible de réduire les émissions à zéro, puisque chaque processus de combustion produit du CO₂ supplémentaire.

9.1 Synthèse des stratégies nationales d'adaptation au changement climatique

9.1.1 France

Le plan national français d'adaptation au changement climatique 2018-2022 prévoit des précipitations plus intenses, même dans les régions où la quantité annuelle de précipitation diminuera, augmentant le risque de crues et d'inondation.

Décliné dans le bassin Rhin-Meuse par le plan d'atténuation et d'adaptation au changement climatique et d'après les données issues de EXPLORE 2070, les épisodes de précipitations intenses devraient être plus fréquents. Le coût des dégâts résultant de la répétition des épisodes de ruissellement et de coulées d'eaux boueuses pourrait augmenter. Les débits de

crues des cours d'eau, pour les crues de périodes de retour 10 à 20 ans, devraient être plus importants.

Pour faire face aux défis du changement climatique, l'Europe, la France et les Comités de bassin se sont dotés de stratégies et/ou de plans d'adaptation au changement climatique. Les outils déployés en France sont détaillés ci-dessous.

Le Plan national d'adaptation au changement climatique 2018-2022 (PNACC2)

Publié en décembre 2018, le plan national d'adaptation au changement climatique 2018-2022 vise à limiter les impacts négatifs de cette évolution du climat sur les sociétés humaines et l'environnement. Son objectif général est de mettre en œuvre les actions nécessaires pour adapter, d'ici 2050, les territoires de la France métropolitaine et outre-mer aux changements climatiques régionaux attendus.

Pour cela ce plan est réalisé avec l'hypothèse d'une hausse de températures de +1,5 à 2 °C au niveau mondial par rapport au XIXe siècle.

Le PNACC-2 est composé de 58 actions à mettre en œuvre sur 5 ans. Ces actions portent sur 6 domaines :

- les actions du domaine « Gouvernance » ont pour ambition d'articuler efficacement les échelons nationaux et territoriaux et d'impliquer la société autour de la mise en œuvre et du suivi du PNACC-2, en ayant une attention particulière pour l'outre-mer ; elles veilleront à assurer la cohérence entre adaptation et atténuation et à renforcer le cadre juridique et normatif favorable à l'adaptation ;
- les actions proposées reposent sur les meilleures connaissances scientifiques et sur la sensibilisation de toute la population à la nécessité de lutter contre le changement climatique et de s'y adapter (domaine « Connaissance et information ») ;
- de nombreuses actions visent à protéger les personnes et les biens face aux risques climatiques (domaine « Prévention et résilience ») et à préparer les filières économiques aux changements attendus (domaine « Filières économiques »), ce qui accompagnera l'évolution et renforcera le potentiel de création d'emplois et d'innovation ;
- les actions privilégient partout où cela est possible les solutions fondées sur la nature (domaine « Nature et milieux ») ;
- certaines actions visent enfin à bénéficier des expériences menées dans les autres Etats et à renforcer les capacités des acteurs français à accompagner les Etats en développement dans leurs propres politiques d'adaptation au changement climatique (domaine « International »).

Plan d'adaptation et d'atténuation des ressources en eau au changement climatique - Bassin Rhin-Meuse

Le plan d'adaptation et d'atténuation des ressources en eau au changement climatique du bassin Rhin-Meuse a été adopté par le comité de bassin qui s'est réuni le 23 février 2018.

A l'image du PNACC-2, le plan du bassin Rhin-Meuse met en avant les solutions fondées sur la nature et le développement de la résilience du territoire face aux événements extrêmes (sécheresse, inondations).

Ces actions-phares doivent encore être déclinées en actions opérationnelles et traduites dans les programmes d'intervention des acteurs du bassin et les plans climat air énergie territoriaux (PCAET) des intercommunalités et les initiatives portées par les acteurs économiques, le monde associatif, le citoyen avec l'appui de l'Etat et de ses établissements.

9.1.2 Luxembourg (en attente de proposition de texte)

9.1.3 Wallonie

La Belgique via la Commission Nationale Climat (CNC) a adopté sa « Stratégie Nationale d'Adaptation » fin 2010 avec l'objectif de pouvoir proposer un plan d'action opérationnel pour 2012. Ce plan d'action résulte de la fusion des plans d'actions des trois régions et du fédéral. Dans ce cadre, la Wallonie par l'intermédiaire de l'Agence Wallonne de l'Air et du Climat (AWAC), a fait réaliser, en 2011, une étude visant à dresser un bilan exhaustif – caractérisation, vulnérabilités actuelles, vulnérabilités futures – de la Wallonie suivant sept thématiques : l'agriculture, l'eau, les infrastructures/l'aménagement du territoire, la santé, l'énergie, la biodiversité et la forêt. Une consultation élargie d'experts a permis de dégager les principales mesures à mettre en œuvre afin d'adapter la Wallonie au changement climatique.

Le plan national a été adopté le 19 avril 2017 par la CNC. Il contient une dizaine de mesures à portée nationale (élaboration de nouveaux scénarios climatiques communs, développement d'une plateforme nationale sur l'adaptation, ...) qui complètent les mesures contenues dans les plans régionaux et dans la contribution fédérale. L'élaboration du plan a été coordonnée au sein du groupe de travail CABAO. Le plan a été soumis aux différentes entités belges et aux avis consultatifs. Il est téléchargeable sur le site de la CNC.

Des plans régionaux et d'autres initiatives existent dans les trois Régions et au Fédéral.

Le plan régional wallon est le plan AIR-CLIMAT-ENERGIE (plan PACE) qui a été adopté le 21 avril 2016 par le GW.

Le PACE 2016-2022 contient 142 mesures pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et autres polluants atmosphériques, améliorer la qualité de l'air et s'adapter aux impacts des changements climatiques. Les différents secteurs d'activité sont concernés : agriculture, industrie, transport, résidentiel, ...

Le PACE est l'instrument central de mise en œuvre du décret Climat adopté par le Parlement wallon en février 2014.

9.1.4 Flandre

Le 9 décembre 2019, le gouvernement flamand a approuvé définitivement le plan énergétique et climatique 2021-2030 de la Flandre. Ce plan constitue le cadre stratégique pour l'atténuation du climat pour les dix prochaines années. Le plan désigne également le plan d'adaptation flamand 2021-2030 comme faisant partie du Plan de politique climatique 2021-2030. Le plan d'adaptation s'appuie sur les mesures et les résultats de l'actuel plan d'adaptation flamand 2013-2020 dans le but de renforcer davantage la résilience de la Flandre aux conséquences du changement climatique et de s'adapter aux effets attendus. Le point de départ est ici de renforcer la résilience et la robustesse de l'environnement. Les travaux se poursuivent également pour cartographier la vulnérabilité de la Flandre au changement climatique, sur la base des résultats obtenus précédemment et d'autres informations. L'adaptation aux effets du changement climatique nécessite une approche globale et intégrée, comprenant les différents secteurs, en recherchant une synergie maximale entre l'adaptation et l'atténuation, et avec d'autres objectifs politiques.

Le plan d'adaptation sera axé sur les piliers suivants :

- Les surfaces libres et l'expansion des surfaces ouvertes et non imperméabilisées

- Un espace, une société, des bâtiments et des infrastructures (de mobilité) adaptés au climat
- Minimiser les risques de pénurie d'eau et les nuisances
- Maximiser les trames vertes-bleues
- Une industrie et une agriculture adaptées au climat

En Flandre, la quantité de précipitations pourra augmenter jusqu'à +38 % pendant les mois d'hiver d'ici 2100. Il ne pleuvra pas aussi souvent, mais les épisodes pluvieux seront plus longs. Les hivers seront donc plus humides à l'avenir, ce qui pourrait entraîner des inondations plus fréquentes et plus importantes. Dans le même temps, les orages d'été seront plus violents et plus fréquents. Ces phénomènes peuvent entraîner une augmentation des inondations, principalement urbaines, et une augmentation de l'érosion et des coulées de boue.

Le scénario à fort impact montre que la probabilité d'inondation en Flandre pourrait augmenter d'un facteur 5 à 10 d'ici 2100.

- Concrètement, cela signifie que les zones qui sont actuellement inondées avec une probabilité moyenne (tous les cent ans) pourront être inondées à une fréquence décennale dans le futur.
- Les zones qui sont déjà inondées une fois tous les dix ans peuvent ensuite l'être presque chaque année.
- Les inondations peuvent également devenir plus extrêmes, car le débit plus élevé entraînera une hausse des niveaux d'eau de pointe. En moyenne en Flandre, nous prévoyons une augmentation des niveaux d'inondation maximums de 22 cm. Au niveau local, elles peuvent même atteindre un peu plus de 1 m. Ce sont surtout les zones comportant, par exemple, des vallées en amont fortement encaissées ou des systèmes de canalisations urbaines denses qui sont les plus sensibles.

9.1.5 Allemagne

Depuis 2008, la stratégie allemande d'adaptation au changement climatique (DAS) évalue les risques du changement climatique en Allemagne, identifie les besoins éventuels d'action, définit des objectifs et développe des mesures d'adaptation en collaboration avec les Länder et d'autres acteurs : <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/anpassung-an-den-klimawandel/>. Dans ce contexte, le rapport du LAWA "Effects of Climate Change on Water Management" a été produit en 2017 et est actuellement en cours d'actualisation.

Dans le "Plan d'action adaptation (APA) II", des mesures pour faire face aux risques d'inondation, aux crues soudaines et aux fortes précipitations, entre autres, sont présentées dans le domaine d'action "Bilan hydrique / gestion de l'eau". La renaturation des cours d'eau et des plaines alluviales doit être encouragée et des zones inondables naturelles doivent être créées.

Depuis 2011, le Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie exploite un système de surveillance des incidences climatiques avec un total de 30 indicateurs provenant de 7 domaines environnementaux. Afin de pouvoir décrire les effets possibles du changement climatique sur le bilan hydrique, des données sont régulièrement collectées, en particulier sur les précipitations, la température de l'eau, l'évapotranspiration, le niveau des eaux souterraines et leur recharge, le bilan hydrique climatique (la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration) et le débit moyen des masses d'eau.

Fin 2019, les tendances suivantes ont été observées dans ce contexte :

- Les précipitations hivernales augmentent, la température moyenne et maximale de l'eau augmente, le débit annuel moyen des masses d'eau diminue, le niveau des eaux souterraines (moyenne annuelle, ainsi qu'en été et en hiver) diminue, la recharge des eaux souterraines diminue et l'évapotranspiration (moyenne annuelle) augmente.

Le système d'information spécialisé est accessible à l'adresse suivante :

<https://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/index.php?mode=liste&aufzu=0>,

le rapport pour l'année 2016 est disponible à l'adresse suivante :

https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/fabe74.pdf

9.1.6 Pays-Bas

En 2017, le gouvernement néerlandais a adopté la Stratégie nationale d'adaptation au climat (SNA). La SNA décrit comment les Pays-Bas vont s'adapter au changement climatique. Dans le cadre du programme Delta, ce point est élaboré pour la sécurisation de l'eau, la disponibilité de l'eau douce et l'adaptation territoriale. Certaines des mesures du programme Delta sont axées sur la gestion des risques d'inondation (voir également le chapitre 6).

Les Pays-Bas ont prévu dans la loi Delta qu'un commissaire Delta conseillera le gouvernement sur la programmation des mesures du programme Delta. L'objectif est que les Pays-Bas soient à l'épreuve du climat et de l'eau en temps voulu. La loi Delta prévoit également le financement à long terme des mesures à garantir par le Fonds Delta.

En collaboration avec le gouvernement néerlandais et en consultation avec les organisations de la société civile, le monde des affaires et les instituts de recherche, le commissaire du Delta a élaboré une feuille de route pour, entre autres, la politique de sécurisation des eaux et l'adaptation territoriale. Le gouvernement a ancré cela dans la politique nationale. La feuille de route est revue et ajustée tous les six ans sur la base de nouvelles connaissances sur le changement climatique et les changements socio-économiques.

Sur la base des prévisions du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), l'Institut météorologique royal des Pays-Bas (KNMI) élabore des scénarios climatiques pour les Pays-Bas. Ces scénarios climatiques décrivent comment le climat néerlandais est susceptible de changer dans 50 à 100 ans. Ces scénarios KNMI constituent le point de départ de la politique nationale. Ces scénarios KNMI supposent une augmentation moyenne de la température mondiale de 1 à 2°C en 2050 et de 1,5 à 3°C en 2085 par rapport à la période 1981-2010.

Pour la Meuse, tous les scénarios climatiques KNMI se traduisent par une augmentation du débit hivernal en raison de l'augmentation de l'intensité des précipitations. Les débits des inondations devraient augmenter de 10 à 20 %, selon l'année de visibilité et le scénario climatique considéré.

L'impact attendu du changement climatique sur les débits de crue est pris en compte lors du renforcement des défenses contre les inondations aux Pays-Bas afin de répondre aux nouvelles normes de protection contre les inondations en 2050.

9.2 Synthèse des études disponibles sur les effets potentiels du changement climatique sur l'évolution des débits de crue (cf Annexe 6)

La prévision de l'évolution des débits de crue fréquente, moyenne et extrême qui permettent d'établir les cartes des zones inondables et des risques d'inondation par débordement de cours d'eau constitue un véritable défi.

Une démarche commune à tous les Etats/Régions et divers partenaires du bassin de la Meuse a été menée dans le but d'appréhender les effets du changement climatique sur le cycle hydrologique : il s'agit du projet Interreg IV B Amice (*Adaptation of the Meuse to the Impacts of Climate Evolutions*) mené entre 2009 et 2012.

Une analyse basée sur les informations climatiques utilisées à l'échelon national a été réalisée dans le but d'élaborer des scénarios communs de débit pour la Meuse. Il s'avère toutefois qu'une incertitude importante existe pour ce qui est des débits futurs. Différentes causes peuvent expliquer celle-ci, parmi lesquelles la marge constatée dans les projections des modèles climatiques dans la variation de la température et des précipitations découlant d'incertitudes concernant l'évolution future des concentrations de gaz à effet de serre, ainsi que la propagation des incertitudes tout au long de la chaîne de modélisation partant du modèle climatique jusqu'au débit calculé.

9.2.1 AMICE (Adaptation of the Meuse to the Impacts of Climate Evolutions)

Dans le cadre du projet AMICE, une synthèse des études disponibles sur le changement climatique a été réalisée entre 2009 et 2010.

Cette action avait pour objectif d'identifier d'éventuelles incidences des changements climatiques sur le régime hydrologique des cours d'eau dans le bassin de la Meuse dans un futur proche (2021-2050) et dans un futur lointain (2071-2100).

Les études analysées donnent toutes des tendances assez claires pour la région méditerranéenne (très forte augmentation de la température et diminution des précipitations) et la région scandinave (forte augmentation de la température et augmentation des précipitations). Comme le bassin de la Meuse se situe entre ces deux régions et, selon les modèles utilisés, le bassin de la Meuse devient plus sec ou connaît une augmentation des précipitations.

Les partenaires d'AMICE ont observé de nettes hétérogénéités entre les scénarios climatiques issus des quatre parties nationales du bassin. Afin de maintenir la cohérence des débits d'amont en aval, en particulier aux frontières, un scénario transnational a été établi. À cette fin, les tendances nationales ont été pondérées en fonction de la surface de chaque sous-bassin (tableau 5).

Tableau 5 : pondération appliquée aux facteurs de transformations nationaux pour aboutir à un scénario transnational

	Drainage area (km ²)	Weighting coefficient
France	10.120	0,31
Walloon	10.880	0,33
Flanders & Netherlands	8.662	0,26
Germany	3.338	0,10
Transnational Meuse	33.000	1,0

Les calculs des débits ont été réalisés pour 9 stations hydrologiques dans le bassin international de la Meuse (cf. carte n°6).



Carte 6 : Points de calculs hydrologiques retenus dans le cadre du projet AMICE

Pour le scénario transnational, la variation des débits est logiquement homogène dans tout le bassin (cf. tableau n°6 avec une augmentation pour le scénario humide en bleu et une diminution pour le scénario sec en rouge). Ces tendances sont plus prononcées pour la fin du siècle.

Tableau 6 : évolution du débit de la crue centennale selon le scénario transnational

		Meuse St-Mihiel	Meuse Stenay	Meuse Montcy	Meuse Chooz	Meuse Sint Pieter	Lesse Gendron	Vesdre Chaud- fontaine	Rur Stah	Niers Goch
Qhx100		1.12	1.12	1.12	1.12	1.14	1.19	1.08	1.02	1.11
	2021-2050	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95	0.98	0.90	0.88	0.89
	2071-2100	1.27	1.27	1.27	1.27	1.33	1.55	1.27	1.10	1.24
		0.89	0.89	0.89	0.89	0.91	0.90	0.81	0.61	0.71

L'une des principales lacunes du projet AMICE est l'étude des précipitations extrêmes sur les petits bassins.

Les scénarios climatiques prévoient que ces événements extrêmes se produiront plus fréquemment. Mais ce phénomène est à peine connu dans le bassin de la Meuse. Il n'y a pas de suivi ou d'analyse détaillée de leur fréquence et de leurs causes. Il est également très difficile de prévoir la localisation et l'intensité de ces événements, encore plus difficile de les modéliser. Par conséquent, les partenaires d'AMICE se sont contentés de mentionner que les précipitations extrêmes pourraient être plus fréquentes au cours du siècle à venir (Christensen et Christensen, 2003 – Intensification of extreme European summer precipitation in a warmer climate. *Global and Planetary Change*, 2004, 44, 107–117).

9.2.2 Nouvelles connaissances disponibles depuis AMICE

a) Etude KNMI'14

Sur base des nouvelles prévisions publiées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), l'Institut Royal Météorologique Néerlandais (KNMI) a établi quatre nouveaux scénarios climatiques pour les Pays-Bas dits KNMI'14 pour les échéances 2050 et 2085.

Le tableau n°7 issu du rapport « Implications of the KNMI'14 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse - Comparison with earlier scenario studies » montrent l'évolution calculée à la station de Borgharen des débits fréquents de crue avec les scénarios issus de KNMI'14.

Tableau 7 : débits fréquents de crue à Borgharen pour les 4 scénarios climatiques KNMI'14 en 2050 et 2085, et pour le climat actuel (c'est-à-dire la situation de référence)

Return period	Reference	2050G _L	2050G _H	2050W _L	2050W _H	2085G _L	2085G _H	2085W _L	2085W _H
[years]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
10	2260	2570	2490	2470	2570	2480	2470	2600	2740
30	2740	3090	3000	3000	3080	3000	2960	3140	3300
100	3180	3590	3470	3480	3550	3500	3420	3640	3850
300	3540	3980	3870	3890	3900	3890	3770	4060	4300
1000	3860	4360	4200	4210	4210	4260	4060	4390	4680
3000	4080	4740	4500	4520	4540	4580	4390	4680	4950
10000	4350	5010	4720	4770	4730	4900	4580	4920	5210
30000	4590	5180	4870	4940	4910	5060	4760	5090	5370

a) Explore 2070

Le projet d'étude appelé « projet Explore 2070 » financé par le ministère français de l'écologie s'est déroulé de juin 2010 à octobre 2012 afin d'évaluer les impacts potentiels du changement climatique sur la ressource en eau de surface sur la période de temps futur 2046-2065 en comparaison à la période de référence du temps présent 1961-1990 sur la base du scénario A1B du 4ème rapport d'évaluation du GIEC.

Le tableau n°8 montre l'évolution calculée à la station de Chooz – Ile Graviat des débits moyens mensuels et du débit journalier maximal annuel (QJXA) pour les temps de retour 2 ans, 10 ans et 20 ans.

Tableau 8 : valeurs médiane, minimale et maximale à Chooz des évolutions relatives entre les périodes 1961-1990 et 2046-2065 du QJXA2, QJXA10 et QJXA20 calculées avec le modèle GR4J (jaune) et le modèle Modcou (vert) avec les 7 modèles climatiques du projet EXPLORE 2070

CRUES						
	QJXA2		QJXA10		QJXA20	
Qobs POD (m ³ /s)	628		960		1087	
Qsim (climat obs) POD (m ³ /s)	657	538	1129	854	1310	974
Δ min (%)	-17	-17	-15	-10	-15	-10
Δ med (%)	-3	+1	+3	+7	+7	+10
Δ max (%)	+11	+15	+34	+31	+39	+35

b) CCI-HYDR

Le projet de recherches « CCI-HYDR » réalisé par l'université catholique de Louvain et l'Institut Royal Météorologique de Belgique de 2005 à 2010 avait pour objet d'étudier les incidences des changements climatiques sur les événements extrêmes dans les rivières des parties belges des bassins de la Meuse et de l'Escaut et les installations de collecte des eaux usées (cf. figure n°3 issue de l'article « Climate change and hydrological extremes in Belgian catchments » de Baguis, P., Roulin, E., Willems, P., Ntegeka, V., publié en 2010 dans la revue *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*).

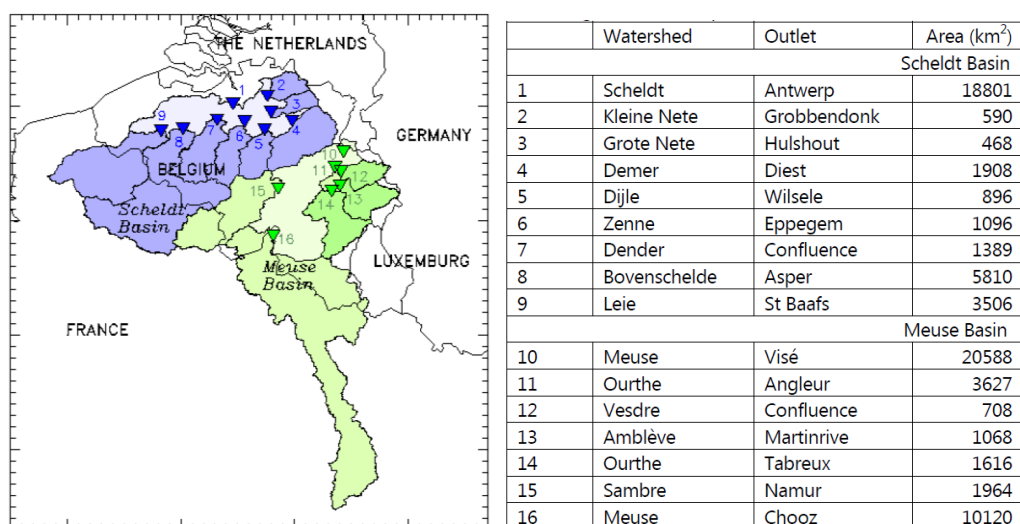


Figure 3 : stations calculées dans le cadre du projet CCI-HYDR

Les figures n°4 et 5 montrent l'évolution calculée pour la station de la Meuse à Visé des débits mensuels moyens et du nombre de jours par mois pour lesquels le débit journalier est supérieur au Q95 (= débit dépassé 95 % du temps dans une année).

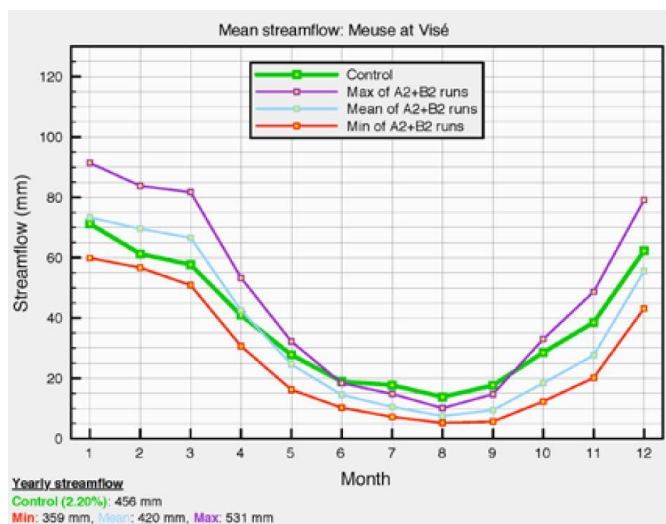


Figure 4 : évolution des débits mensuels moyens (en vert les valeurs obtenues par modélisation pour la période de temps passée prise comme référence, en bleu, violet et rouge les valeurs moyennes, minimales et maximales obtenues dans le futur avec les scénarios climatiques)

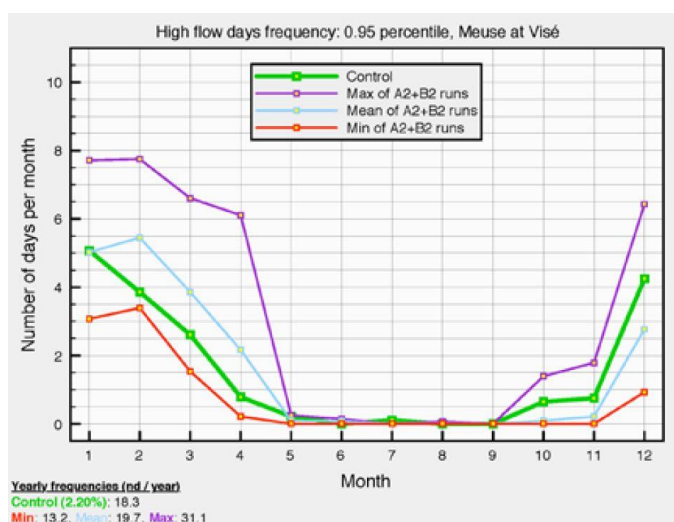


Figure 5 : évolution du nombre de jours par mois pour lesquels le débit journalier est supérieur au Q95 (en vert les valeurs obtenues par modélisation pour la période de temps passée prise comme référence, en bleu, violet et rouge les valeurs moyennes, minimales et maximales obtenues dans le futur avec les scénarios climatiques)

c) CORDEX et HydroTrend

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.

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.

A côté de ces Projets sur les modifications du climat, HydroTrend vise à détecter et analyser les tendances dans l'amplitude et la fréquence des débits de crues en Wallonie.

Pour cela, les maximums annuels ainsi que valeurs excédant un certain seuil (POTs - peaks over threshold) ont été extraits des données de 84 stations limnimétriques.

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.

10. Coordination avec les autres politiques communautaires

La CIM assure un rôle de coordination pour la réalisation des objectifs de la DCE et de la DI. Elle assume dans ce cadre une fonction de plateforme permettant l'échange d'informations et la coordination requise au niveau du DHI Meuse.

Dans le cadre de la mise à jour de la partie faîtière du plan de gestion DCE du district hydrographique de la Meuse, il a été décidé que la thématique des inondations serait traitée dans la partie faîtière du PGRI. Toutefois, une coordination entre les deux Directives et la mise en œuvre de leur programme de mesures est nécessaire pour exploiter les synergies et garantir la réalisation des objectifs environnementaux de l'article 4 de la DCE.

A cet effet, un examen de la synergie potentielle entre les mesures susceptibles d'être mises en œuvre pour gérer ou réduire les risques d'inondation et l'atteinte des objectifs environnementaux des masses d'eau de surface prévus à l'article 4 de la DCE a été réalisé.

L'annexe 4 donne un aperçu des résultats de cet examen qui sont décrits plus en détail dans le "Rapport sur la coordination entre la Directive Inondation et la Directive Cadre sur l'Eau dans le district hydrographique international de la Meuse" (document de travail non publié). A l'issue de ce travail, il est proposé de donner la priorité aux mesures ayant une synergie avec les objectifs environnementaux de la DCE.

11. Liste des autorités compétentes et des structures de coordination régionales, nationales et internationales

Allemagne

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

Schwannstraße 3

40467 Düsseldorf

Deutschland

<http://www.flussgebiete.nrw.de>

<http://www.umwelt.nrw.de>

Belgique

Région flamande

Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid

Dokter de Moorstraat 24-26

9300 Aalst

België

<http://www.integraalwaterbeleid.be/>

Région wallonne

Gouvernement wallon

Cabinet du Ministre Président

Rue Mazy, 25-27

5100 Jambes (Namur)

Belgique

<http://www.gov.wallonie.be>

France

Sambre

Monsieur le préfet coordonnateur de bassin Artois Picardie

2, rue Jacquemars Gielée

59039 Lille

France

<mailto:secretariat@nord-pas-de-calais.pref.gouv.fr>

Meuse

Madame la préfète coordonnatrice de bassin Rhin Meuse

5, Place de la République

67000 Strasbourg

France

Luxembourg

Ministère du Développement durable et des Infrastructures

4, place de l'Europe

L- 1499 Luxembourg

Luxembourg

<mailto:info@mddi.public.lu> <http://www.mddi.public.lu>

Pays-Bas

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Postbus 20901, 2500 EX Den Haag, Nederland,

<https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-infrastructuur-en-waterstaat>

Annexe 1 : Echange d'information : article 6 de la DI

Nom du cours d'eau	Résultat de la sélection selon l'art. 5 de la DI aux frontières	Actualisation de la cartographie selon art.6 de la DI du 1 ^{er} cycle de gestion	Nom du cours d'eau	Résultat de la sélection selon l'Art. 5 de la DI aux frontières	Actualisation de la cartographie selon art.6 de la DI du 1 ^{er} cycle de gestion
FRANCE			WALLONIE		
La Chiers	Sélectionné Longlaville Longwy, Mont St Martin et Rehon	Non	La Chiers	Sélectionné	Oui
Le ruisseau du Coulmy	Non sélectionné	Sans objet	Le Cussigny	Sélectionné (risque moins important)	Oui
La Base Vire	Non sélectionné	Sans objet	La Vire	Sélectionné	Oui
Le Ton	Non sélectionné	Sans objet	Le Ton	Sélectionné	Oui
La Thonne	Non sélectionné	Sans objet	La Thonne	Sélectionné (risque moins important)	Oui
La Marche	Non sélectionné	Sans objet	Le Williers - La Marge	Sélectionné (risque moins important)	Oui
Le ruisseau de l'Aulnois	Non sélectionné	Sans objet	La Tremble (à Muno)	Sélectionné (risque moins important)	Oui
La Goutelle	Non sélectionné	Sans objet	La Goutelle (à Sugny)	Sélectionné (risque moins important)	Oui
La Semoy	Non sélectionné	Sans objet	La Semois	Sélectionné	Oui
Le ruisseau de Saint Jean (affluent Semoy)	Non sélectionné	Sans objet	Le ruisseau de Saint Jean (affluent Semoy)	Sélectionné (risque moins important)	Oui
Ruisseau de Stol	Non sélectionné	Sans objet	La Stole (affluent de la Hulle)	Sélectionné (risque moins important)	Oui
La Hulle	Non sélectionné	Sans objet	La Hulle	Sélectionné (risque moins important)	Oui
La Houille	Non sélectionné	Sans objet	Houille	Sélectionné	Oui
Ruisseau de Scheloupe	Non sélectionné	Sans objet	Ruisseau de Scheloupe	Sélectionné (risque moins important)	Oui
Le Massemble	Non sélectionné	Sans objet	Le Massemble	Sélectionné (risque moins important)	Oui
La Meuse	Sélectionné à Neufchâteau, Verdun, Thierville-sur-Meuse et Belleville-sur-Meuse ainsi que de Bazeilles à Givet	Non	La Meuse	Sélectionnée	Oui
R. de Prailes	Non sélectionné	Sans objet	R. de la Jonquière	Sélectionné (risque moins important)	Oui
Le Viroin	Non sélectionné	Sans objet	Le Viroin	Sélectionné	Oui
Ruisseau Deluve	Non sélectionné	Sans objet	Ruisseau de Luve	Sélectionné (risque moins important)	Oui

Nom du cours d'eau	Résultat de la sélection selon l'Art. 5 de la DI aux frontières	Actualisation cartographie selon art.6 de la DI du 1er cycle de gestion	Nom du cours d'eau	Résultat de la sélection selon l'Art. 5 de la DI aux frontières	Actualisation cartographie selon art.6 de la DI du 1er cycle de gestion
Ruisseau d'Alyse	Non sélectionné	Sans objet	L'Alisse (près de Fumay)	Sélectionné (risque moins important)	Oui
R. du Fond de Pernelle	Non sélectionné	Sans objet	Forge du Prince (près de Bruly)	Sélectionné (risque moins important)	Oui
Eau noire	Non sélectionné	Sans objet	Eau noire	Sélectionné	Oui
R. de Sainte Anne	Non sélectionné	Sans objet	Sainte Anne (Eau Noire)	Sélectionné (risque moins important)	Oui
Helpe majeure	Non sélectionné	Sans objet	Helpe	Sélectionné (risque moins important)	Oui
Thure	Non sélectionné	Sans objet	Thure	Sélectionné	Oui
Hantes	Non sélectionné	Sans objet	Hantes	Sélectionné	Oui
Sambre	Sélectionné de Leval à Jeumont	Non	Sambre	Sélectionné	Oui
FRANCE			LUXEMBOURG		
Chiers	Sélectionné Longlaville Longwy, Mont St Martin et Rehon	Non	Chiers	Sélectionné	Oui
WALLONIE			LUXEMBOURG		
Chiers	Sélectionné	Oui	Chiers	Sélectionné	Oui
WALLONIE			FLANDRE		
Geer	Sélectionné	Oui	Jeker	Sélectionné	Oui
Rigole d'Awans	Sélectionné (risque moins important)	Oui	Ezelbeek	Sélectionné	Oui
Exhaure d'Ans	Sélectionné (risque moins important)	Oui	Exhaure d'Ans / Beek	Sélectionné	Oui
Berwinne	Sélectionné	Oui	Berwijn	Sélectionné	Oui
Le Biek (affl. Voer)	Sélectionné (risque moins important)	Oui	De Beek (zijrivier Voer)	Sélectionné	Oui
Gulp	Sélectionné (risque moins important) NB : < 10 km²	Oui	Gulp	Sélectionné	Oui
WALLONIE			ALLEMAGNE		
Itebach	Sélectionné (risque moins important)	Oui	Itebach	Non sélectionné	Sans objet
Inde	Sélectionné (risque moins important)	Oui	Inde	Non sélectionné	Sans objet
Vesdre	Sélectionné	Oui	Weser	Non sélectionné	Sans objet
Roer	Sélectionné (risque moins important)	Oui	Rur	Non sélectionné	Sans objet

Nom du cours d'eau	Résultat de la sélection selon l'Art. 5 de la DI aux frontières	Actualisation cartographie selon art.6 de la DI du 1er cycle de gestion	Nom du cours d'eau	Résultat de la sélection selon l'Art. 5 de la DI aux frontières	Actualisation cartographie selon art.6 de la DI du 1er cycle de gestion
Schwalmbach	Sélectionné (risque moins important)	Oui	Perlenbach	Non sélectionné	Sans objet
Olefbach	Sélectionné (risque moins important)	Oui	Olef	Non sélectionné	Sans objet
WALLONIE			PAYS-BAS		
Meuse	Sélectionné	Oui	Maas	Sélectionnée	Oui
Gueule	Sélectionné	Oui	Geul	Sélectionnée	Oui
FLANDRE			PAYS-BAS		
Gemeenschappelijke Maas	Sélectionné	Oui	Gemeenschappelijke Maas	Sélectionné	Oui
Gulp	Sélectionné	Oui	Gulp	Sélectionné	Oui
Voer	Sélectionné	Oui	Voer	Sélectionné	Oui
Jeker	Sélectionné	Oui	Jeker	Sélectionné	Oui
Itterbeek / Witbeek	Sélectionné	Oui	Thornerbeek	Sélectionné	Oui
Abeek - Grote Lossing/ Uffelsche beek	Sélectionné	Oui	Uffelsche beek	Sélectionné	Oui
Zuid-Willemsvaart	Non sélectionné	Sans objet	Zuid-Willemsvaart	Sélectionné	Oui
Dommel	Sélectionné	Oui	Dommel	Non sélectionné	Sans objet
Mark	Sélectionné	Oui	Boven Mark	Non sélectionné	Sans objet
Merkske	Sélectionné	Oui	Merkske	Non sélectionné	Sans objet
Weerijbeek – Grote Aa	Sélectionné	Oui	Aa of Weerij	Non sélectionné	Sans objet
Warmbeek	Sélectionné	Oui	Tongelreep	Non sélectionné	Sans objet
De Aa	Sélectionné	Oui	Rovertsche Leij/ De Aa	Non sélectionné	Sans objet
Leyloop	Sélectionné	Oui	Poppelsche Leij	Non sélectionné	Sans objet
Kleine Aa – Wildertse Beek	Sélectionné	Oui	Watermolenbeek	Non sélectionné	Sans objet

Nom du cours d'eau	Résultat de la sélection selon l'Art. 5 de la DI aux frontières	Actualisation cartographie selon art.6 de la DI du 1er cycle de gestion	Nom du cours d'eau	Résultat de la sélection selon l'Art. 5 de la DI aux frontières	Actualisation cartographie selon art.6 de la DI du 1er cycle de gestion
ALLEMAGNE			PAYS-BAS		
Wurm	Sélectionné	Oui	Worm	Sélectionné	Oui
Rodebach	Sélectionné	Oui	Roode Beek/Geleenbeek	Sélectionné	Oui
Kitschbach	Sélectionné	Oui	Kitschbach	Sélectionné	Oui
Rur	Sélectionné	Oui	Roer	Sélectionné	Oui
Niers	Sélectionné	Oui	Niers	Sélectionné	Oui
Nierskanal	Non sélectionné. La zone à risques du côté allemand a été réduite et ne s'étend plus jusqu'à la frontière néerlandaise	Sans objet	Geldernsch Nieskanaal	Non sélectionné, il n'y a aucun risque sur le parcours néerlandais	Sans objet

Annexe 2 : Aperçu de l'échange d'informations : Tableau de comparaison des hypothèses de débit associées aux scénarios de crue prévus à l'article 6, paragraphe 3

	Pays-Régions / Station hydrologique / Point de référence		Crue de forte probabilité		Crue de probabilité moyenne (période de retour probable ≥ 100 ans)		Crue de faible probabilité ou scénarios d'évènements extrêmes		Commentaires sur l'échange d'informations
			HQ10 / HQ30 / autre		HQ100 / HQ 200 / autre		HQ1000 / autre		
Nom du cours d'eau	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	
La Chiers	WL	FR / Longwy	?	71 m³/s (Q ₁₀) ou (Q ₃₀)	?	128 m³/s (Q ₁₀₀)	?	166 m³/s (Q ₁₀₀)+30%	Données de la Chiers à Longwy issues de l'atlas des zones inondables de la Chiers (BCEOM, 2007)
La Meuse	FR / Station de Chooz-Graviat	WL / Frontière Franco-Belge	(Q ₁₀) ou (Q ₃₀)	1356 m³/s (Q ₂₅)	1572 m³/s (Q ₁₀₀)	1645 m³/s (Q ₁₀₀)	2043 m³/s (Q ₁₀₀ +30%)	2140 m³/s (Q ₁₀₀ +30%)	Données de la Meuse à Chooz issues du PPRI du 28/10/1999.
La Sambre	FR / Station de Hautmont à Maubeuge	WL / Solre	120 m³/s (*) (Q ₁₀)	148 m³/s (Q ₂₅)	180 m³/s (*) (Q ₁₀₀)	172 m³/s (Q ₁₀₀)	Sans objet (cartographie d'après métho- de hydromor- phologique)	Sans objet (cartographie d'après emprise des alluvions récentes)	(*) Données de la Sambre à Maubeuge provisoires
Geer / Jeker (*)	WL / Eben Emael ou Kanne	VL	16,47 m³/s (Q ₂₅)	T ₁₀	17,54 m³/s (Q ₁₀₀)	T ₁₀₀		T ₁₀₀₀	un modèle utilisé
Rigole d'Awans / Ezelbeek	WL	VL		T ₁₀		T ₁₀₀		T ₁₀₀₀	Pas de station de mesure de débit
Exhaure d'Ans / Beek (*)	WL	VL		T ₁₀		T ₁₀₀		T ₁₀₀₀	Pas de station de mesure de débit
Berwinne / Berwijn (*)	WL / Dalhem	VL	60,05 m³/s (Q ₂₅)	T ₁₀	105,82 m³/s (Q ₁₀₀)	T ₁₀₀		T ₁₀₀₀	un modèle utilisé
Le Biek (affl. Voer) / De Beek (zijrivier Voer)	WL	VL		T ₁₀		T ₁₀₀		T ₁₀₀₀	Pas de station de mesure de débit
Gulp	WL	VL		T ₁₀		T ₁₀₀		T ₁₀₀₀	
Meuse / Maas	WL / Lixhe	NL	2726 m³/s (Q ₂₅)	2302 m³/s (Q ₁₀)	3115 m³/s (Q ₁₀₀)	3224 m³/s (Q ₁₀₀)	4060 m³/s (Q ₁₀₀ +30%)	3862 m³/s (Q ₁₀₀₀)	
Gueule / Geul	WL / Sippenaeken	NL / Cottessen	39,10 m³/s (Q ₂₅)	39 m³/s (Q ₁₀)	57,89 m³/s (Q ₁₀₀)	62,30 m³/s (Q ₁₀₀)	92,43 m³/s (Q ₁₀₀₀)	107,1 m³/s (Q ₁₀₀₀)	Modèles séparés en NL et WL

Gulp	VL	NL	T10	6 m³/s (Q10)	T100	13 m³/s (Q100)	T1000		Pas de modèle Q1000 à la frontière
Gemeenschappelijke Maas / Grensmaas	VL	NL / Borgharen	2302 (Q10)	2302 (Q10)	3224 (Q100)	3224 (Q100)	3862 (Q1000)	3862 (Q1000)	Echange d'informations au sein de la Vlaams Nederlandse Bilaterale Maascommissie Un modèle utilisé
Voer (*)	VL	NL	T10	T10	T100	T100	T1000	T1000	un modèle utilisé
Jeker (*)	VL	NL	T10	T10	T100	T100	T1000	T1000	un modèle utilisé
Itterbeek / Thornerbeek (*)	VL WIT012B (boundary node tiré du modèle)	NL	1,27 m³/s (Q10)	1,27 m³/s (Q10)	1,42 m³/s (Q100)	1,42 m³/s (Q100)	1,55 m³/s (Q1000)	1,55 m³/s (Q1000)	Coordination sur base des données concernant les débits
Abeek - Grote Lossing/ Uffelsche beek	VL	NL	T10	5,5 m³/s (Q10)	T100	7,9 m³/s (Q100)	T1000	11,1 m³/s (Q1000)	
Wurm / Worm	Passage frontière DE-NL	Passage frontière DE-NL	HQ20	T20	HQ100	Q100	HQextrême	T1000	Un modèle utilisé et réalisation d'une carte transfrontalière commune Pour le deuxième cycle un nouveau modèle est utilisé et de ce fait de nouvelles données et cartes seront faites.
Rodebach / Roode Beek	Passage frontière DE-NL	Passage frontière DE-NL	139,9 m³/s (HQ20)	T10	HQ100	T100	HQextrême	T1000	Un modèle utilisé et réalisation d'une carte transfrontalière commune. Modèle transfrontalier utilisé. Les Pays-Bas ont fait de nouveaux calculs. Cela conduit à de petits ajustements des zones inondables du côté néerlandais. Du côté allemand, les zones inondables calculées lors du premier cycle n'ont pas été ajustées. L'Allemagne a créé de nouvelles cartes (nouvelle mise en page).
Kitschbach / Molenbeek	Passage frontière DE-NL	Passage frontière DE-NL	H=12,16 m (bei HQ10)	T20	HQ100	T100	HQextrême	HQextrême	Un modèle utilisé et réalisation d'une carte transfrontalière commune. Aucun nouveau calcul n'a été fait pour le second cycle.

									L'Allemagne a élaboré de nouvelles cartes (nouvelle mise en page).
Rur / Roer	Passage frontière DE-NL (Stah)	Passage frontière DE-NL (Stah)	Q ₂₀	125,5 m³/s (T ₁₀)	HQ ₁₀₀	180 m³/s (T ₁₀₀)	HQ _{extrême}	290 m³/s (T ₁₀₀₀)	Les données néerlandaises ont été utilisées et les conditions initiales du modèle ont été coordonnées avec celles du modèle néerlandais pour l'élaboration des cartes du côté allemand.
Niers	Passage frontière DE-NL (Goch)	Passage frontière DE-NL	30	H=12,16 m (à T ₁₀)	H=13,13 m (à HQ ₁₀₀)	H=13,13 m (à T ₁₀₀)	H=13,79 m (à HQ _{extrême})	H=13,79 (à T ₁₂₅₀)	Le niveau d'eau mentionné de la Meuse est déterminant à la frontière germano-néerlandaise. Ce niveau d'eau constitue la condition aval pour l'Allemagne

(*) Pour certains petits cours d'eau, il a été procédé différemment parce que les points de référence en amont et en aval de la frontière ne se situent pas toujours sur ou à proximité de la frontière, les niveaux d'eau n'étant dès lors pas comparables.

C'est pourquoi, il a été procédé comme suit pour la coordination :

- Voer, Jeker, Berwinne: pour ces cours d'eau, un modèle transfrontalier a été élaboré dans le premier cycle dans le cadre du projet Interreg AQUADRA; celui-ci constitue la base pour les cartes des risques d'inondation et des zones inondables. La coordination a donc été assurée ici par le biais de l'élaboration d'un modèle transfrontalier.
- Wurm, Rodebach, Kitschbach: ces trois cours d'eau formant partiellement la frontière, aucun débit à ce niveau ne peut être indiqué. Les cartes pour ces cours d'eau ont toutefois été élaborées, pour chacun d'eux, sur base d'un seul modèle. Ainsi, les débits respectifs sont identiques de part et d'autre de la frontière.
- Niers : la Niers, du côté germano-néerlandais, se trouve dans la zone de rétention de la Meuse. Le niveau d'eau de la Meuse a donc été pris en considération comme élément déterminant dans le calcul hydraulique.

On trouve dans le tableau les périodes de retour (T_x) ou les débits pour une certaine période de retour (HQ_x) pour lesquels les cartes ont été produites.

Annexe 3 : Types de mesures qui induisent un effet transfrontalier potentiel et forme de coordination souhaitée

Légende :

- vert : mesure ou type de mesures pour laquelle une coordination ou un échange d'information ne se justifie pas
- orange : mesure ou type de mesures pour laquelle un échange d'information s'impose
- rouge : mesure ou type de mesures pour laquelle une coordination multilatérale s'impose soit en vertu des dispositions de la DI soit en raison de la plus-value apportée par cette coordination.

	CIM-IMC-IMK
Aspects de la gestion des risques d'inondation	
<u>1. Prévention</u>	
<i>1.1. Evitement</i>	
Mesure pour éviter la localisation de nouveaux enjeux ou d'enjeux supplémentaires dans des zones inondables	
a) politiques de planification	
b) règlements de l'occupation des sols	
<i>1.2. Suppression ou déplacement</i>	
a) déplacer les enjeux hors des zones susceptibles d'être inondées	
b) déménager les enjeux vers des zones de plus faible probabilité d'inondation et / ou de danger inférieur	
<i>1.3. Réduction</i>	
Mesures pour adapter les enjeux afin de réduire les conséquences négatives en cas d'inondation : actions sur les bâtiments, réseaux publics, etc.	
<i>1.4. Autres mesures</i>	
Autres mesures pour améliorer la prévention du risque d'inondations	
a) modélisation et évaluation des risques d'inondation	
b) évaluation de la vulnérabilité	
c) programmes ou politiques de maintenance	Pour les cours d'eau transfrontaliers
<u>2. Protection</u>	
<i>2.1. Gestion naturelle des inondations / gestion des écoulements et de la rétention</i>	
Mesures pour réduire le débit dans le réseau hydrographique naturel ou artificiel telles que l'interception et / ou le stockage en surface, l'augmentation de l'infiltration, etc. y compris travaux dans lit mineur et lit majeur et reboisement des rives qui aident à ralentir les écoulements et à retenir l'eau.	

2.2. Régulation du débit	
Mesures comprenant les interventions physiques pour réguler le débit qui ont un impact significatif sur le régime hydrologique	
a) construction, modification ou suppression d'ouvrages de rétention des eaux (par exemple barrages ou autre zone de stockage en ligne)	
b) développement des règles existantes de régulation du débit	
2.3. Travaux en cours d'eau, sur les côtes et dans le lit majeur	
Mesures comprenant les interventions physiques dans le lit de cours d'eau, les torrents de montagne, les eaux côtières et les zones inondables comme la construction, modification ou suppression d'ouvrages ou la modification du lit, gestion dynamique des sédiments, digues, etc.	
2.4. Gestion des eaux de surface	
Mesures comprenant les interventions physiques pour réduire les inondations par ruissellement typiquement mais pas exclusivement dans un environnement urbain en améliorant les capacités artificielles de drainage ou au travers de système de drainage durables	
2.5. Autres mesures	
Autres mesures visant à renforcer la protection contre les inondations, pouvant comporter des programmes ou politiques de maintenance des ouvrages de défense	
3. Préparation	
3.1. Prévision et annonce de crues	
Mesures pour mettre en place ou améliorer les services de prévision ou d'alerte en cas de crue	
3.2. Plan de gestion de crise / catastrophe	
Mesures pour établir ou améliorer les plans officiels de secours en cas d'inondation	
3.3. Prise de conscience et préparation du grand public	
Mesures pour réaliser ou améliorer la prise de conscience et préparation du grand public en cas de crue	
3.4. Autres préparations	
Autres mesures pour établir ou améliorer la préparation en cas d'épisodes de crues et pour réduire les conséquences négatives	
4. Remise en état et retour d'expérience/réexamen	
4.1. Remise en état individuelle et collective	
Nettoyage et restauration des activités (bâtiments, infrastructures, etc.)	
Actions de soutien psychologique et sanitaire (y compris gestion du stress)	
Aide financière en cas de catastrophe (aides, impôts) y compris aide légale en cas de catastrophe, indemnisation en cas de chômage	

Relogement temporaire ou permanent	
Autre	
4.2. Réparation des dommages environnementaux	
Opérations de nettoyage et de restauration (avec différents sous-chapitres comme la protection contre la boue/moisissure, la sécurité des puits de prélèvement d'eau potable, la sécurisation du stockage des substances dangereuses)	
4.3. Autres remises en état	
Leçons apprises des épisodes de crue	
Polices d'assurance	
Autre	

Annexe 4 : Synergie potentielle entre les types de mesure de la DI et les objectifs environnementaux de la DCE

Légende :

+ = types de mesures de la DI soutenant les objectifs environnementaux de la DCE

0 = types de mesures de la DI non pertinents pour les objectifs environnementaux de la DCE

! = types de mesures de la DI pouvant entraîner un conflit d'objectifs avec les objectifs environnementaux de la DCE et devant faire l'objet d'un examen au cas par cas.

	FR	WL	NRW	VL	NL	CIM
Aspects de la gestion des risques d'inondation						
1. Prévention						
1.1. Evitement						
Mesure pour éviter la localisation de nouveaux enjeux ou d'enjeux supplémentaires dans des zones inondables	+	+	+	+	+	+
a) politiques de planification	+	+	+	+	+	+
b) règlements de l'occupation des sols	+	+	+	+	+	+
1.2. Suppression ou déplacement						
a) déplacer les enjeux hors des zones susceptibles d'être inondées	+	+	+	+	+	+
b) déménager les enjeux vers des zones de plus faible probabilité d'inondation et / ou de danger inférieur	+	+	+	+	+	+
1.3. Réduction						
Mesures pour adapter les enjeux afin de réduire les conséquences négatives en cas d'inondation : actions sur les bâtiments, réseaux publics, etc	+	+ / ! / 0	+ / ! / 0	+ / ! / 0	0 / +	
1.4. Autres mesures						
Autres mesures pour améliorer la prévention du risque d'inondations						
a) modélisation et évaluation des risques d'inondation	0	0	0	0	0	0
b) évaluation de la vulnérabilité	0	0	0	0	0	0
c) programmes ou politiques de maintenance	+ / !	+ / !	0	+ / !	+ / !	+ / !
2. Protection						
2.1. Gestion naturelle des inondations / gestion des écoulements et de la rétention						
Mesures pour réduire le débit dans le réseau hydrographique naturel ou artificiel telles que l'interception et / ou le stockage en surface, l'augmentation de l'infiltration, etc. y compris travaux dans lit mineur et lit majeur et reboisement des rives qui aident à ralentir les écoulements et à retenir l'eau.	+	+	+	+	+	+
2.2. Régulation du débit						
Mesures comprenant les interventions						

physiques pour réguler le débit qui ont un impact significatif sur le régime hydrologique						
a) construction, modification ou suppression d'ouvrages de rétention des eaux (par exemple barrages ou autre zone de stockage en ligne)	+ / !	+ / !	!	+ / !	+ / !	+ / !
b) développement des règles existantes de régulation du débit	+ / !	+ / !	!	+ / !	+ / !	+ / !
2.3. Travaux en cours d'eau, sur les côtes et dans le lit majeur						
Mesures comprenant les interventions physiques dans le lit de cours d'eau, les torrents de montagne, les eaux côtières et les zones inondables comme la construction, modification ou suppression d'ouvrages ou la modification du lit, gestion dynamique des sédiments, digues, etc.	+ / !	+ / !	!	+ / !	+ / !	+ / !
2.4. Gestion des eaux de surface						
Mesures comprenant les interventions physiques pour réduire les inondations par ruissellement typiquement mais pas exclusivement dans un environnement urbain en améliorant les capacités artificielles de drainage ou au travers de système de drainage durables	+	+	! / 0	+	+	+
2.5. Autres mesures						
Autres mesures visant à renforcer la protection contre les inondations, pouvant comporter des programmes ou politiques de maintenance des ouvrages de défense	+ / !	+ / !	0	+ / !	+ / !	+ / !
3. Préparation						
3.1. Prévision et annonce de crues						
Mesures pour mettre en place ou améliorer les systèmes de prévision ou d'alerte en cas de crue	0 / +	0 / +	0 / +	0 / +	0 / +	0 / +
3.2. Plan de gestion de crise / catastrophe						
Mesures pour établir ou améliorer les plans officiels de secours en cas d'inondation	0 / +	0 / +	0	0 / +	0 / +	0 / +
3.3. Prise de conscience et préparation du grand public						
Mesures pour réaliser ou améliorer la prise de conscience et préparation du grand public en cas de crue	0 / +	0 / +	0	0 / +	0 / +	0 / +
3.4. Autres préparations						
Autres mesures pour établir ou améliorer la préparation en cas d'épisodes de crues et pour réduire les conséquences négatives	0	0	0	0	0	0
4. Remise en état et retour d'expérience/réexamen						
4.1. Remise en état individuelle et collective						
Nettoyage et restauration des activités (bâtiments, infrastructures, etc.)	0	0	0	0	0	0

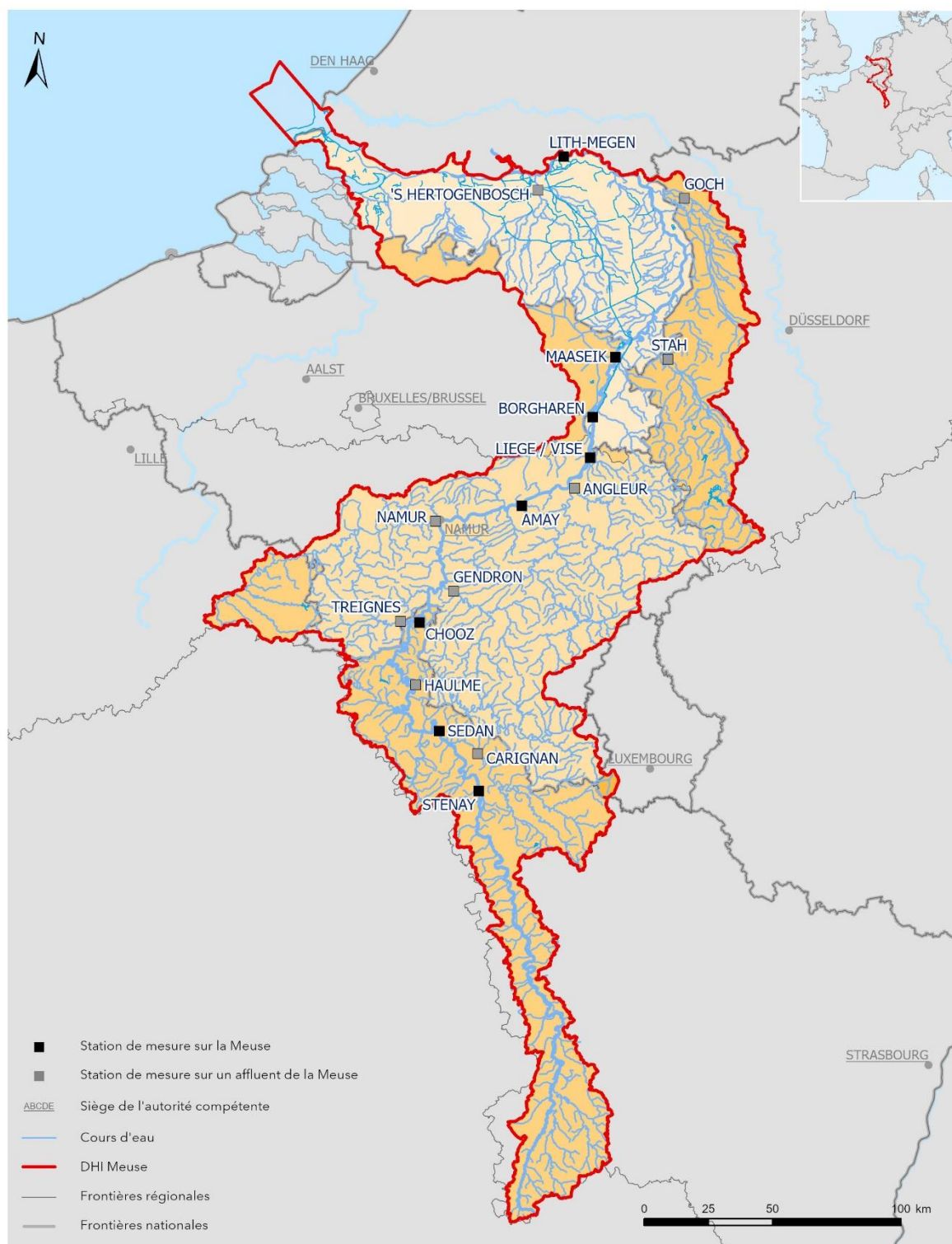
Actions de soutien psychologique et sanitaire (y compris gestion du stress)	0	0	0	0	0	0
Aide financière en cas de catastrophe (aides, impôts) y compris aide légale en cas de catastrophe, indemnisation en cas de chômage	0	0	0	0	0	0
Relogement temporaire ou permanent	0	0	0	0	0	0
Autre	0	0	0	0	0	0
4.2. Réparation des dommages environnementaux						
Opérations de nettoyage et de restauration (avec différents sous-chapitres comme la protection contre la boue/moisissure, la sécurité des puits de prélèvement d'eau potable, la sécurisation du stockage des substances dangereuses)	0 / +	0 / +	0	0 / +	0 / +	0 / +
4.3. Autres remises en état						
Leçons apprises des épisodes de crue	0 / +	0 / +	0 / +	0 / +	0 / +	0 / +
Polices d'assurance	0	0	0	0	0	0
Autre	0	0	0	0	0	0

Annexe 5 : Analyse rétrospective des crues du DHI de la Meuse

Station / Pegel	Gestionnaire / Operator / Betreiber	Cours d'eau / waterloop / Gewässer	BV /SG /EZG (m.msl)	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
STENAY	DREAL Grand-Est	MEUSE / MAAS	3904	-	-	-	188	121	321	352	290	377	156	392	146	263	130	220	188	146	330	345	353	424	404					283	247	384	146	463	432	193	415	399	533	222	368	247	392	313	254	437	262	268	116	248	336	245	188	268	291	260	340	157	164	243	179	410	194
CARIGNAN	DREAL Grand-Est	CHIERS	1967	-	-	-	-	-	-	-	73	208	62,5	90,8	83	82,3	78,5	82,3	86	57,5	87	83	99,5	89,6	102	103	217	117	82,5	93,3	92	117	93,3	109	122	104	191	113	197	96,4	113	1400	144	113	144	133	138	134	109	139	144	109	124	142	148	144	144	81,8	75,1	183	148	150	139
SEDAN	DREAL Grand-Est	MEUSE / MAAS	6492	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	572	875	285	440	413	318	244	501	583	420	383	211	285	421	291	271	328	393	367	411	215	234	320	391	552	277		
HAULME	DREAL Grand-Est	SEMOIS / SEMOY	1336	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	238	226	291	178	403	99,5	300	285	228	222	235	383	200	641	293	465	131	237	288	303	142	329	241	457	153	113	141	321	159	166	215	364	266	164	111	122	130	169	231	169
TREIGNES	SPW	VIROIN	548,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,7	72,9	48,7	60,7	59,4	74,5	62,2	55,8	76,5	68,8	89,4	171	99,5	88,6	70,1	122	54,8	94,5	98	110	62,3	104	78,8	79,4	273	98,2	147	56,5	69	105	126	60,2	145	133	189	62,0	57,5	59,1	117	117	110	177	237	91,2	192	88,9	60,4	83,6	64	55,5	89,9
CHOOZ	DREAL Grand-Est	MEUSE / MAAS	10120	690	730	640	895	540	1050	906	835	775	763	901	541	457	472	616	615	295	763	616	648	705	295	836	607	1150	496	740	713	751	568	736	1114	655	1450	978	1570	480	623	852	996	560	1020	1060	####	604	490	523	809	579	713	790	1030	787	620	451	468	592	605	784	674
GENDRON	SPW	LESSE	1286	-	-	-	-	-	-	-	122	84,3	178	101	120	91,6	126	105	58,1	131	116	121	377	130	124	157	228	94,7	159	156	210	143	201	188	150	391	167	328	78,5	133	160	234	120	290	274	346	130	89,6	94,3	186	179	153	133	339	169	253	124	90,8	151	114	129	152	
NAMUR	SPW	SAMBRE	2843	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	207	217	208	424	216	337	263	228	264	295	203	321	418	385	172	162	173	202	226	199	302	314	217	229	234	217	232	160	161	241
AMAY	SPW	MEUSE / MAAS	16416	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	667	897	1142	1521	852	1511	1549	####	1036	843	816	1181	1009	1089	1419	1826	1279	1282	983	841	1017	996	1155	1127		
ANGLEUR	SPW	OURTHE	3607	413	501	456	331	331	480	607	403	343	280	621	170	315	259	415	204	183	254	284	446	748	505	399	509	822	231	472	485	711	332	342	770	329	829	402	654	193	226	602	480	338	351	686	599	408	372	302	389	296	345	490	647	409	342	329	321	314	260	345	537
LIEGE / VISE	SPW	MEUSE / MAAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	846	1038	1634	1996	1333	1835	2186	####	1325	1134	1139	1530	1378	1168	1636	2244	1619	1414	1166	1091	1151	####	1335	1476	
BORGHAREN	RWS	MEUSE / MAAS		1576	2114	1621	1506	1124	1881	1935	1565	1349	714	2154	924	976	793	1241	1014	619	1186	1031	1420	1989	1246	1317	1057	2461	850	1665	1530	1810	1125	1420	1767	1191	2954	1592	2637	737	1055	1619	1977	1153	1758	2128	####	1218	1105	1072	1430	1252	1087	1613	2214	1506	1236	1031	895	1204	####	1359	1540
MAASEIK		MEUSE / MAAS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1018	1382	1970	1271	1306	1095	2187	858	1535	1463	1825	1103	1353	1715	1200	2811	1609	2736	758	1064	1621	1913	1186	1766	2180	####	1337	1166	1120	-	1286	1194	1659	2177	1503	1284	1036	994	1219	####	1406	1593
STAHL	LANUM	RUR / ROER		84,4	114	95,8	43,2	46,6	109	129	112	99,6	55,7	103	42	54,5	51,6	89,5	86,9	39	49	50,3	76	111	104	86,7	129	116	69,9	82,1	117	126	93,6	82,1	109	68	119	73	105	51	61	96	74	73	88	123	109	92	96	56	89	70	56	96	129	97	54	115	69	67	36	77	123
GOCH	LANUM	NIEHS / NIERSE		42,4	25,6	23,5	19,7	10,1	29,4	33,7	27,7	26,8	18,8	29,9	14,7	10,1	9,1	22,4	18,9	10,8	10,4	12,6	22,1	30,3	27,5	23,3	25,3	30,0	21,7	28,2	24,9	24,8	18,0	17,6	15,5	12,5	18,6	31,0	39,0	16,0	14,3	36,7	29,1	21,8	18,9	30,1	35,0	18,9	27,6	17,1	21,4	18,1	17,3	29,2	28,1	22,3	17,6	18,5	20,0	29,3	18,7	21,0	13,2
LITH-MEGEN	RWS	MEUSE / MAAS		1603	1782	1538	1311	953	1883	1998	1508	1432	903	1975	1001	960	876	1201	1039	736	1112	1079	1252	1531	1264	1322	1121	2231	980	1335	1381	1738	1103	1219	1578	1160	2752	1705	2865	805	1031	1481	1560	1338	1768	2004	####	1241	1199	1069	1501	1233	1034	1443	2069	1496	1291	1003	1101	1233	####	1438	1493
'S HERTOGENBOSCH	WDD	DOMMEL	1800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,5	57,5	79,4	73,3	61,7	57,2	71,1	62	76,1	17,7	61,5	52,2	42,2	50,2	43,8	87,3	83,5	99,6	40,1	43,6	100	86	66,6	53,6	98,3	104	48	76,6	50,9	59,3	55,3	52,9	82	82,5	65,7	52,6	40,2	45,6	33	65	53,5	51,5

Temps de retour	T > 2 ans	T > 10 ans	T > 20 ans	T > 50 ans	T > 100 ans
Crue	Crue saisonnière	Petite crue	Crue moyenne	Grande crue	Très grande crue
Fréquence	Très fréquente	Fréquente	Moins fréquente	Rare	Très rare
Dommages potentiels	Débordements localisés	Inondation de terres agricoles et d'habitations isolées, coupures localisées de la voirie	Inondation de terres agricoles et de zones urbanisées, coupures de voies de trafic interurbain	Débordements généralisés avec évacuations localisés de la population en raison de coupures d'alimentation électrique ou en eau potable	Evacuations généralisées de la population pour des raisons sanitaires ou de sécurité, submersions voire ruptures de digues possibles

Station	T = 2 ans	T = 10 ans	T = 20 ans	T = 50 ans	T = 100 ans
STENAY	260	440	500	590	650
CARIGNAN	110	170	190	210	230
SEDAN	330	490	550	650	700
HAULME	210	400	460	540	600
TREIGNES	74	128,9	149,8	176,9	197,3
CHOOZ	690	940	1100	1300	1500
GENDRON	133	229,9	267	314,9	350,9
NAMUR	190,3	300,2	342,2	396,6	437,4
AMAY	1008,2	1476,6	1655,8	1887,6	2061,3
ANGLEUR	365,2	576,3	657	761,4	839,7
LIEGE / VISE	1240	1907,6	2162,8	2493,2	2740,8
BORGHAREN	1410	2260	2560	2930	3190
MAASEIK	1562	2284	2600	3005	3316
STAH	87	122	136	155	160
GOCH	23,7	32,8	36,3	40,6	43,6
LITH-MEGEN	1409	2177	2448	2785	3014
'S HERTOGENBOSCH	62	82	90	102	111



Localisation des stations de l'analyse rétrospective des crues du DHI de la Meuse

Projected coordinate reference system : ETRS89-LCC
 Tous droits réservés: Plan de gestion du risque d'inondations 2 (PGRI 2). CIM, 2021

Annexe 6 : Méthodologie employée dans les études disponibles sur les effets potentiels du changement climatique sur l'évolution des débits de crue

1 – AMICE

Le présent sous-chapitre a pour objet de résumer la méthode et les résultats présentés dans le cadre du rapport « Analysis of climate change, high-flows and low-flows scenarios on the Meuse basin » du 30 juin 2010 de l'action 3 du Work Package 1 du projet Interreg AMICE (Adaptation of the Meuse to the Impacts of Climate Evolutions).

Menée entre 2009 et 2010 dans le cadre du programme Interreg IV-B de l'Union européenne, cette action avait pour objectif d'identifier d'éventuelles incidences des changements climatiques sur le régime hydrologique des cours d'eau dans le bassin de la Meuse dans un futur proche (2021-2050) et dans un futur lointain (2071-2100).

Une synthèse de la littérature a été réalisée sur le changement climatique.

Les études analysées donnent toutes des tendances assez claires pour la région méditerranéenne (très forte augmentation de la température et diminution des précipitations) et la région scandinave (forte augmentation de la température et augmentation des précipitations). Comme le bassin de la Meuse se situe entre ces deux régions et, selon les modèles utilisés, le bassin de la Meuse devient plus sec ou connaît une augmentation des précipitations.

Les partenaires d'AMICE ont décidé de diviser les résultats des modèles climatiques en climats futurs afin d'étudier les deux évolutions possibles du climat du bassin : un climat humide et un climat sec. Cette approche pragmatique a été adoptée en raison de : (1) un temps limité pour utiliser ce qui était disponible (2) l'incertitude de certains modèles climatiques indiquant que le climat sera plus sec et d'autres indiquant un futur plus humide.

On peut mentionner ici que, dans le cadre du projet européen PRUDENCE, Blenkinsop et Fowler (2007) ont testé plusieurs modèles climatiques régionaux, en particulier sur le bassin de la Meuse. Les modèles climatiques régionaux ont révélé un large éventail d'anomalies : de 0 % de changement à 60 % de changement sur un même mois. Il n'est donc pas surprenant que les partenaires d'AMICE soient confrontés à des résultats très différents de leurs simulations climatiques nationales. Les mêmes auteurs mentionnent également que plusieurs modèles démontrent la variabilité spatiale du changement climatique.

Les scénarios proposés par les partenaires d'AMICE sont des scénarios plausibles : ils ne sont pas très différents des tendances utilisées dans d'autres études sur les impacts climatiques. Toutefois, cela ne signifie pas que le scénario de climat humide ou sec se réalisera effectivement. Les gestionnaires de l'eau et les décideurs doivent être très conscients que les résultats ne représentent que deux tendances climatiques futures possibles, sans aucune certitude absolue quant au climat qui se produira.

Une synthèse de la littérature a été réalisée sur les impacts du changement climatique sur l'hydrologie de la Meuse.

La principale conclusion qui en est ressortie est que la solution la plus simple est de créer de nouveaux scénarios climatiques et hydrologiques. À cette fin, la solution optimale était d'appliquer l'approche du « delta change » aux scénarios nationaux existants afin de créer un scénario humide et un scénario sec pour les périodes 2021-2050 et 2071-2100 pour chaque sous-bassin national (cf. tableau n°1).

Tableau n°1 : modèles climatiques utilisés pour définir les scénarios sec et humide utilisés dans les différentes parties du bassin

	SRES scenarios	Climate experiment or model	Data provider and contact person	Downscaling method	Source of data	Type of simulation	Time period for the control run
French part of the basin	A2/A1B	ARPEGE-climat v4.6	Météo-France (L. Labbé)	Bias correction (Q-Q plot)	Météo France	Transient simulation	1961-1990
Walloon part of the basin	A1B/ A2/B1/B2	CCI-HYDR Perturbation Tool	KULeuven (P. Willems)	statistical	Royal Institute Belgium		1961-1990
German part of the basin	A1B	WETTREG (wet scenario) CLM (dry scenario)	DWD (T. Deutschländer)	dynamical (CLM) & statistical (WETTREG)	WETTREG: Meteo Research pp Umweltbundesamt CLM: MPI-M-M/MaD pp BMBF	Transient simulation	1971-2000
Dutch and Flemish parts of the basin	A2/B1	PRUDENCE	KNMI	dynamical & statistical	KNMI	Transient	1961-1990

Les variables météorologiques pour les périodes de temps futur ont été calculées en utilisant les données issues de la base de données climatologique E-OBS 2.0 transformées selon la méthode « delta change » (cf. figure n°1).

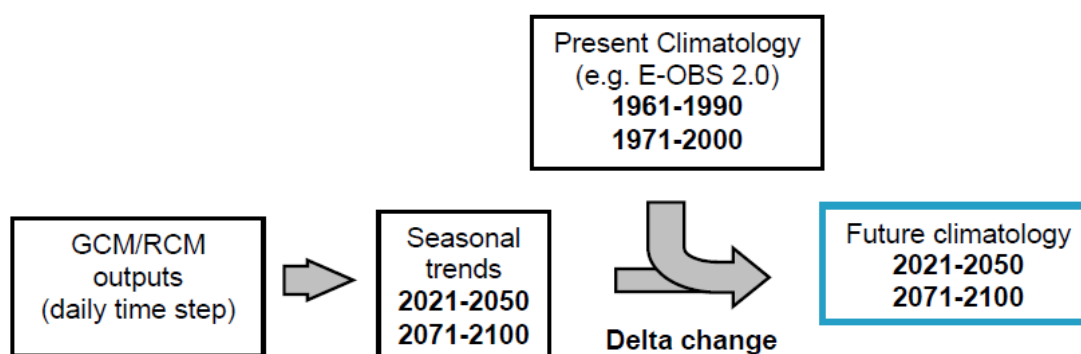


Figure n°1 : méthode de production des données météorologiques futures utilisée dans AMICE

La méthode delta change consiste à déduire les données météorologiques journalières du temps présent en leur appliquant pour chaque jour calendaire les transformations suivantes :

- pour les températures : $T_{\text{futur}} = T_{\text{obs présent}} + (<T_{\text{mod futur}}> - <T_{\text{mod présent}}>)$
- pour les précipitations : $P_{\text{futur}} = P_{\text{obs présent}} \times <P_{\text{mod futur}}> / <P_{\text{mod présent}}>$

où :

- T_{futur} et P_{futur} sont les valeurs journalières calculées dans le temps futur
- $T_{\text{obs présent}}$ et $P_{\text{obs présent}}$ sont les valeurs journalières dans le temps présent (base de données E-OBS 2.0)
- $<T_{\text{mod présent}}>$ et $<P_{\text{mod présent}}>$ sont les moyennes interannuelles des valeurs journalières calculées par des modèles climatiques à l'échelle du globe terrestre (GCM) ou à une échelle régionale (RCM) pour le temps présent (cf. tableau 1).
- $<T_{\text{mod futur}}>$ et $<P_{\text{mod futur}}>$ sont les moyennes interannuelles des valeurs journalières calculées par des modèles climatiques (GCM ou RCM) pour le temps futur (cf. tableau 1)

Les partenaires d'AMICE ont observé de nettes hétérogénéités entre les scénarios climatiques issus des quatre parties nationales du bassin. Afin de maintenir la cohérence des débits d'amont en aval, en particulier aux frontières, un scénario transnational a été établi. À cette fin, les tendances nationales ont été pondérées en fonction de la surface de chaque sous-bassin (tableau 2).

Tableau n°2 : pondération appliquée aux facteurs de transformations nationaux pour aboutir à un scénario transnational

	Drainage area (km²)	Weighting coefficient
France	10.120	0,31
Walloon	10.880	0,33
Flanders & Netherlands	8.662	0,26
Germany	3.338	0,10
Transnational Meuse	33.000	1,0

En ce qui concerne les crues, cela fait une grande différence s'il pleut 20 % plus fort ou 20 % plus longtemps. Les scénarios climatiques disponibles actuellement ne permettent pas de préciser ce point. Cependant, la plupart des projets liés au climat modifient l'intensité des précipitations mais pas leur durée. Le projet AMICE a suivi cette ligne. Cette décision a été prise principalement parce que notre intérêt porte sur les débits maximum ou minimum, et moins sur le volume de l'inondation. Le débit maximal est lié à la hauteur de l'eau et détermine la zone inondée. Le volume est lié à la durée de l'inondation elle-même et est important pour calculer combien de temps la zone sera inondée. Dans le projet AMICE, les partenaires ont supposé que la zone inondée peut être modifiée, mais que la durée de l'inondation restera la même que la durée actuelle.

L'une des principales lacunes du projet AMICE est l'étude des précipitations extrêmes sur les petits bassins.

Les pluies extrêmes concentrées sur de petites zones peuvent créer des coulées de boue dévastatrices. L'impact est très limité sur le niveau de l'eau des principaux fleuves mais les dommages sont très coûteux localement. Contrairement aux grandes inondations qui se produisent surtout en hiver, les pluies extrêmes peuvent se produire à tout moment de l'année. De tels événements se sont produits par exemple dans le quartier est de Liège en mai 2008.

Les scénarios climatiques prévoient que ces événements extrêmes se produiront plus fréquemment. Mais ce phénomène est à peine connu dans le bassin de la Meuse. Il n'y a pas de suivi ou d'analyse détaillée de leur fréquence et de leurs causes. Il est également très difficile de prévoir la localisation et l'intensité de ces événements, encore plus difficile de les modéliser. Par conséquent, les partenaires du projet AMICE se sont contentés de mentionner que les précipitations extrêmes pourraient être plus fréquentes au cours du siècle à venir (Christensen et Christensen, 2003 – Intensification of extreme European summer precipitation in a warmer climate. *Global and Planetary Change*, 2004, 44, 107–117).

2 – Nouvelles connaissances disponibles depuis AMICE

a) Etude KNMI'14 :

Sur base des nouvelles prévisions publiées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), l'Institut Royal Météorologique Néerlandais (KNMI) a établi quatre nouveaux scénarios climatiques pour les Pays-Bas dits KNMI'14 pour les échéances 2050 et 2085 (cf. figures n°2 et 3 – source = « KNMI'14 climate scenarios for the Netherlands – Revised

edition 2015 ») qui prennent en compte à la fois l'évolution de la température (scénarios G et W) ainsi que les modifications dans la circulation de l'air (indices H et L).

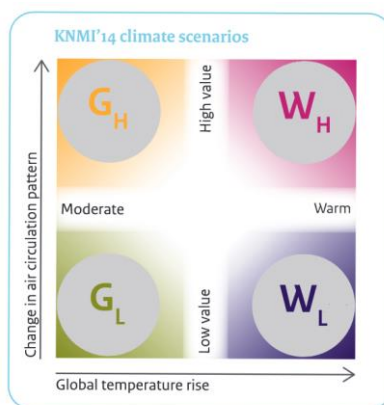


Figure n°2 : scénarios KNMI'14 (G signifie Gematigd, c'est-à-dire modéré en néerlandais ; W signifie Warm, c'est-à-dire chaud en néerlandais – H signifie High et L signifie Low)

L'augmentation de la température moyenne globale est le premier critère de classification qui distingue les scénarios. Dans les scénarios G, l'augmentation de la température moyenne mondiale est de 1 °C en 2050 et de 1,5 °C en 2085 par rapport à 1981-2010 ; dans les scénarios W, elle est de 2 °C en 2050 et de 3,5 °C en 2085 par rapport à 1981-2010 (cf. figure n°4). G signifie Gematigd, c'est-à-dire modéré en néerlandais ; W signifie Warm, c'est-à-dire chaud. Ces plages de réchauffement futur incluent environ 80 % des derniers calculs du modèle climatique.

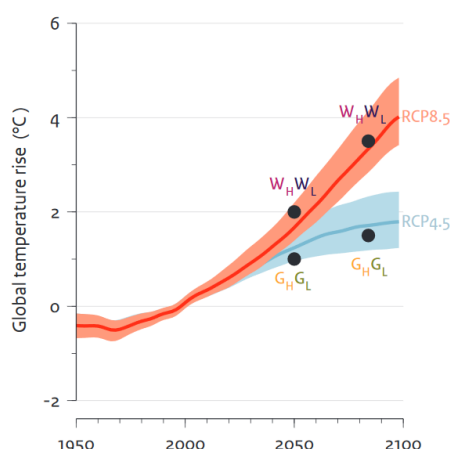


Figure n°3 : augmentation des températures à l'horizon 2050 et 2085 par rapport à la période 1981-2010 dans les scénarios KNMI'14

Dans les scénarios H (High), les vents d'ouest sont plus fréquents en hiver. Il en résulte un temps doux et plus humide que dans les scénarios L (Low). En été, les systèmes à haute pression ont une plus grande influence sur les conditions météorologiques dans les scénarios H. Par rapport aux scénarios L, ces systèmes de haute pression provoquent davantage de vents d'est, ce qui implique un temps plus chaud et plus sec pour les Pays-Bas). Ils donnent le changement vers 2050 et 2085 par rapport au climat de la période 1981-2010.

Un 5^{ème} scénario météorologique W_{H,dry} a été élaboré afin d'identifier d'éventuelles incidences des changements climatiques sur le régime hydrologique de la Meuse à l'échéance 2050 et 2085 dans le cas d'un été extrêmement sec.

Une nouvelle méthode appelée « advanced delta change » a été utilisée pour calculer les précipitations journalières futures par rapport aux précipitations journalières du temps présent (cf. figure n°4 issue de « KNMI'14 climate scenarios for the Netherlands – Revised edition 2015 »).

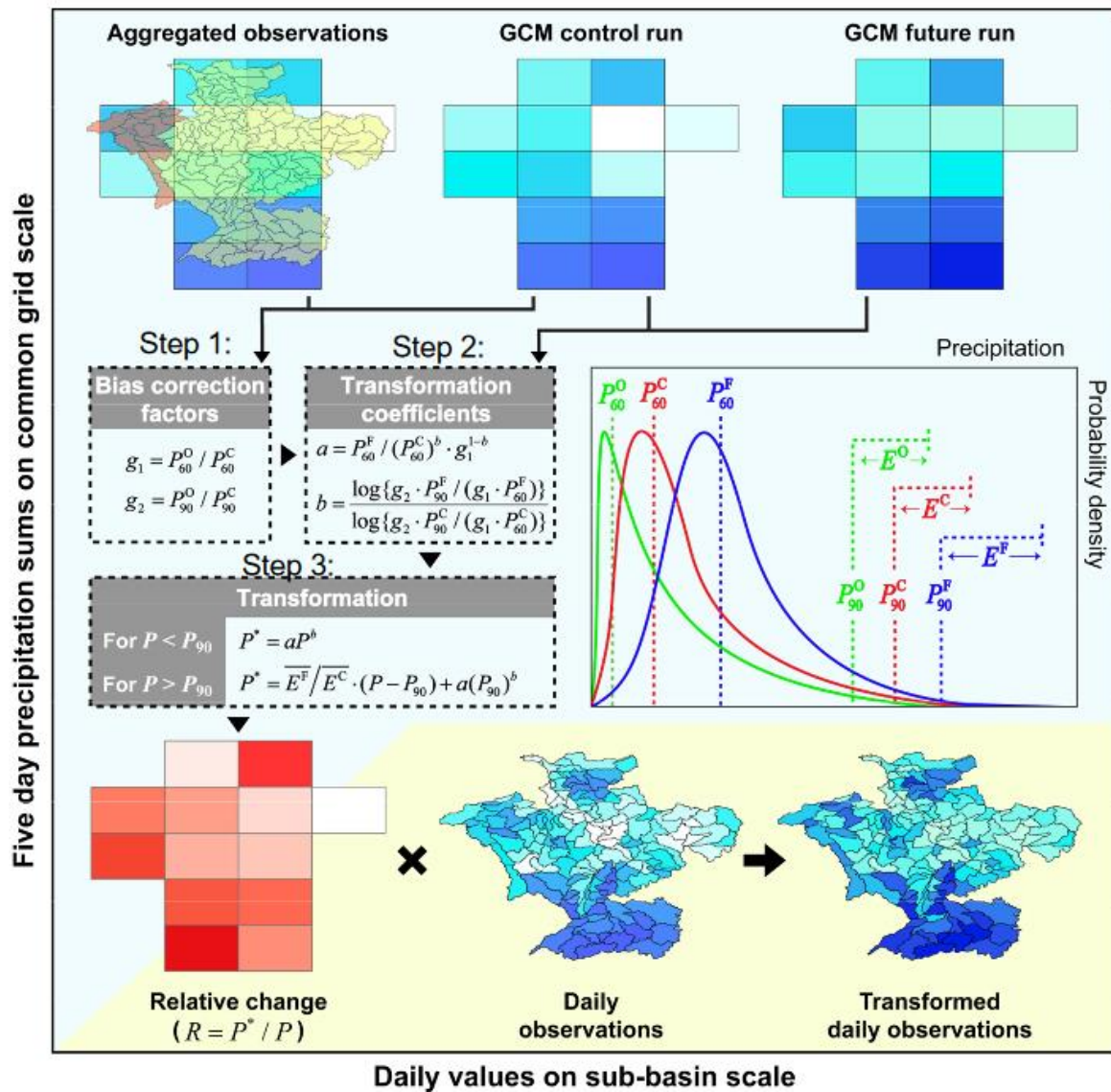


Figure n°4 : étapes de calcul dans la méthode « advanced delta change » pour transformer les précipitations journalières du temps présent d'après les variations observées dans les RCM/GCM

Les débits pour les périodes du temps présent et de temps futur ont été calculés en utilisant le modèle hydrologique HBV (Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning)¹⁰ couplé avec le modèle hydraulique SOBEK pour propager l'onde de crue depuis Chooz (cf. figure n°5).

¹⁰ Bergström, S. (1976) Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments. SMHI Reports RHO, No. 7, Norrköping.

Bergström, S. (1976): Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments. Ph.D. Thesis. SMHI Reports RHO No. 7, Norrköping.

Bergström, S. (1992) The HBV model - its structure and applications. SMHI Reports RH, No. 4, Norrköping.

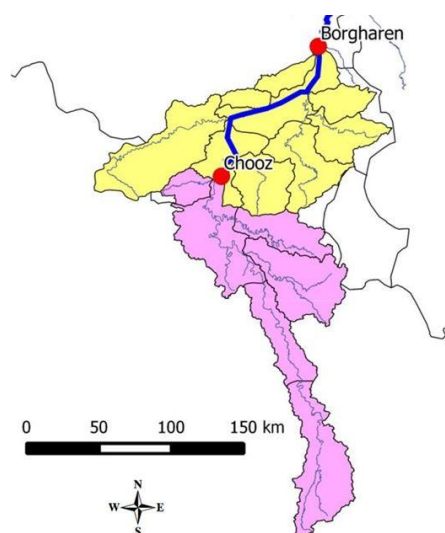


Figure n°5 : localisation de la station hydrologique de Borgharen sur la Meuse

b) Explore 2070

Le projet d'étude appelé « projet Explore 2070 » financé par le ministère français de l'écologie s'est déroulé de juin 2010 à octobre 2012 afin d'évaluer les impacts potentiels du changement climatique sur la ressource en eau de surface sur la période de temps futur 2046-2065 en comparaison à la période de référence du temps présent 1961-1990 sur la base du scénario A1B du 4^{ème} rapport d'évaluation du GIEC.

Pour répondre à cette question, une chaîne de calcul faisant intervenir deux modèles hydrologiques (GR4 J et Isba-Modcou) a été mise en place pour 1522 bassins versants en France métropolitaine (cf. figure n°6 issue du rapport « Explore 2070 - Hydrologie de surface A1 – Rapport de synthèse ») et 35 bassins versants dans les départements d'Outre-mer (Guadeloupe, Guyane, Martinique et Réunion).



Figure n°6 : localisation des points de calcul du projet Explore 2070 (violet = points avec GR4J et Modcou – orange = points avec GR4J seul – vert = points avec Modcou seul).

7 modèles climatologiques ont été employés afin d'établir des projections de débits à l'aide des deux modèles hydrologiques pour la période du temps présent 1961-1990 et la période de temps futur 2046-2065 (cf. tableau n°3 issu du rapport « Explore 2070 - Hydrologie de surface A1 – Rapport de synthèse »).

Tableau n°3 : modèles climatologiques utilisés dans le projet Explore 2070

Scénario GES	Nom Modèle et Nomenclature Explore 2070		Nom de la simulation	Centre climatique	Période fournie : (années hydrologiques comprises entre)
A1B	CCCMA_CGCM3	C1	A1B_CCCMA-CGCM3	CCCMA (Canada)	1961-1991 2046-2065
A1B	ECHAM5/MPI	C2	A1B_ECHAM5-MPI	MPI (Allemagne)	1961-1991 2046-2065
A1B	ARPEGE V3+	C3	A1B-ARPV3	Météo-France	1961-1991 2046-2065
A1B	GFDL-CM2.0	C4	A1B_GFDL-CM2.0	GFDL (USA)	1961-1991 2046-2065
A1B	GFDL-CM2.1	C5	A1B_GFDL-CM2.1	GFDL (USA)	1961-1991 2046-2065
A1B	GISS_MODEL_ER	C6	A1B_GISS-MODEL-ER	GISS (USA)	1961-1991 2046-2065
A1B	MRI-CGCM2.3.2	C7	A1B_MRI-CGCM2.3.2	MRI (Japon)	1961-1991 2046-2065

A cet effet, une méthode de descente d'échelle statistique a été utilisée pour passer de la maille des modèles climatologiques à une maille de 8 km x 8 km compatible avec les modèles hydrologiques employés.

Il s'agit d'une désagrégation d'échelle statistique multivariée qui repose sur l'utilisation du concept du type de temps et qui est dérivée de la méthode classique des analogues (cf. figures n°7 et 8 issues du rapport du CERFACS « DSCLIM : A software package to downscale climate scenarios at regional scale using a weather-typing based statistical methodology »)



Figure n°7 : schéma général des méthodes statistiques de descente d'échelle

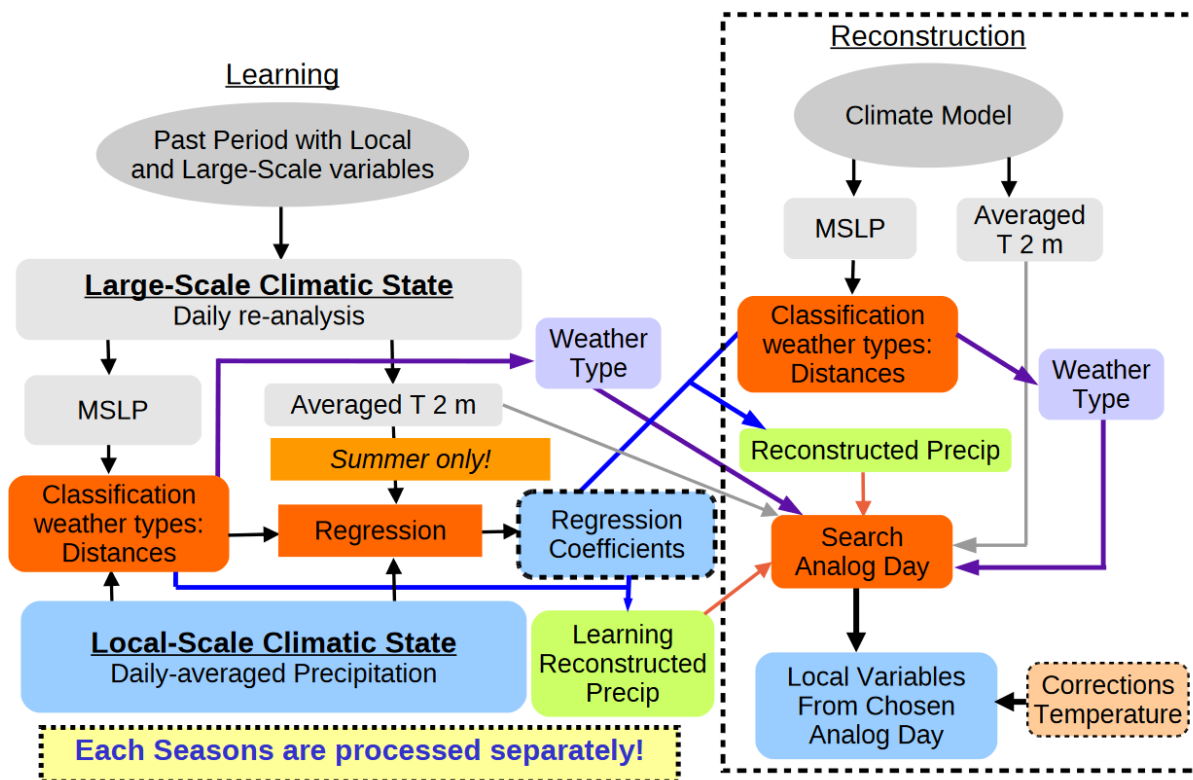


Figure n°8 : étapes mises en œuvre dans la méthode de descente d'échelle DSCLIM

Les propriétés climatiques régionales sont utilisées afin d'établir des types de temps discriminants pour une variable locale donnée (les précipitations). L'hypothèse principale est que chaque régime de temps particulier (représenté par une variable de circulation atmosphérique de grande échelle, le/les prédicteur(s)) est associé à une distribution spécifique des variables climatiques locales (par exemple la température et les précipitations à petite échelle, le/les prédicteur(s)). Cette association est représentée par une fonction de transfert qui est construite statistiquement à partir des observations et/ou réanalyses disponibles.

Les jeux de données utilisés pour construire la fonction de transfert sont d'une part l'analyse météorologique à méso-échelle SAFRAN développée à Météo-France (pour les prédicteurs) et d'autre part la réanalyse météorologique du National Center for Environmental Prediction NCEP (pour les prédicteurs).

Une classification multi-variée sur le champ de géopotential à 500 hPa et les précipitations (310 séries quotidiennes de référence), au pas de temps quotidien, est effectuée dans l'espace des composantes principales du champ de précipitations SAFRAN. 8 à 10 régimes de temps sont ainsi retenus. Ces régimes de temps sont discriminants pour les précipitations quotidiennes. On conserve ensuite uniquement la partie grande échelle (fournie par le géopotential à 500 hPa, Z500) pour définir les types de temps.

Une régression entre les précipitations issues de SAFRAN sur une grille 8km et la distance aux types de temps est calculée. Un ré-échantillonnage conditionnel permet de déterminer des analogues. Un index de température sur l'Europe (DJ - Djmodèle) permet d'estimer les températures (correction uniforme de la température par rapport à celle fournie par l'analogue). La descente d'échelle est ainsi effectuée sur la grille SAFRAN (maille de 8 km.).

c) CCI-HYDR

Le projet de recherches « CCI-HYDR » réalisé par l'université catholique de Louvain et l'Institut Royal Météorologique de Belgique de 2005 à 2010 avait pour objet d'étudier les incidences des changements climatiques sur les événements extrêmes dans les rivières des parties belges des bassins de la Meuse et de l'Escaut et les installations de collecte des eaux usées (cf. figure n°9 issue de l'article « Climate change and hydrological extremes in Belgian catchments » de Baguis, P., Roulin, E., Willems, P., Ntegeka, V., publié en 2010 dans la revue Hydrology and Earth System Sciences Discussions).

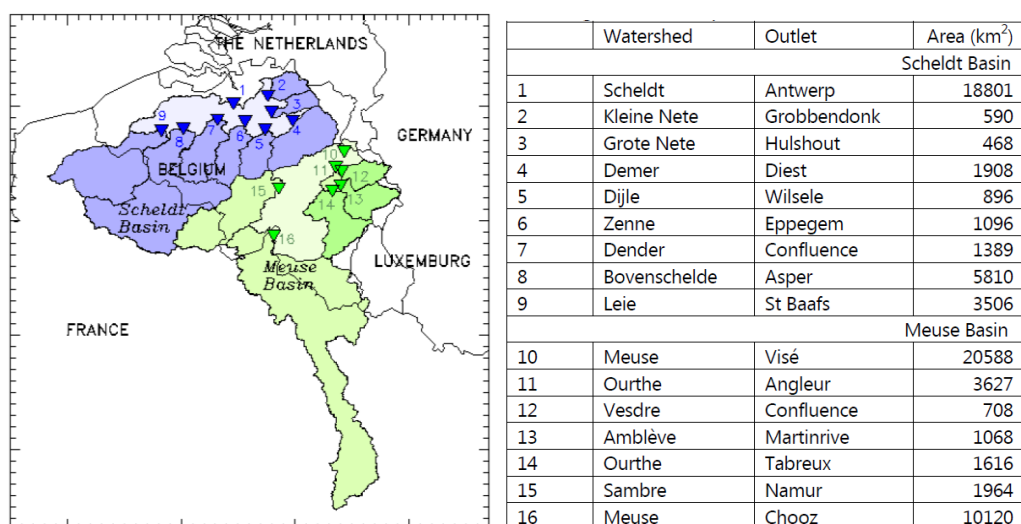


Figure n°9 : stations calculées dans le cadre du projet CCI-HYDR

Les simulations hydrologiques réalisées pour les besoins de cette étude s'appuient sur le modèle SCHEME (SCHEldt-MEuse), qui est la version distribuée du modèle hydrologique de l'IRM (Bultot et Dupriez, 1976). Ce modèle a été utilisé avec succès pour différents bassins versants allant d'environ 100 à 1600 km² et représentant les différentes conditions hydrologiques en Belgique (Gellens et Roulin, 1998).

La structure du modèle SCHEME comprend 9 types d'occupation du sol avec un module d'accumulation et de fonte de neige pour chaque type. L'évapotranspiration est calculée sur la base de l'eau interceptée par la végétation et la teneur en eau de deux couches de sol, ainsi que l'évapotranspiration potentielle (PET) selon la formule Penman. L'eau de surface est simulée avec un hydrogramme unitaire et l'eau souterraine est représentée par deux réservoirs. Le débit produit sur chaque cellule du réseau est acheminé vers la sortie avec un sous-modèle 1-D prenant en compte le réseau fluvial. (cf. figure n°10 – issue de l'article Climate change and hydrological extremes in Belgian catchments).

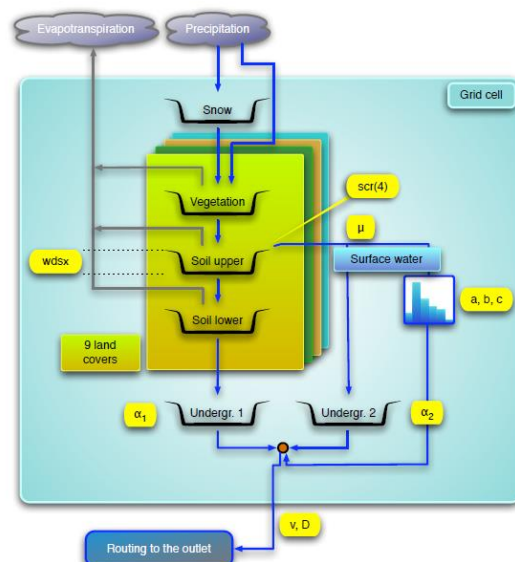


Figure n°10 : schéma des mécanismes du modèle SCHEME

Les données climatiques utilisées dans le cadre du projet CCI-HYDR ont été obtenues en transformant les données météorologiques observées sur la base d'une variante de la méthode delta change (cf. figure n°11 issue du rapport final « Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems in Belgium »).

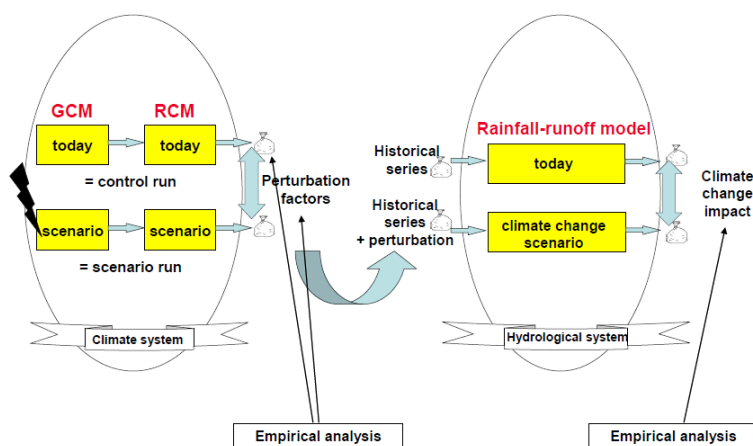


Figure n°11 : principe de production des données climatiques utilisées pour les calculs avec SCHEME

Les facteurs de transformations appliqués aux données météorologiques observées ont été obtenus à partir des résultats issues du projet européen PRUDENCE (Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects - Christensen et al., 2007 - <http://prudence.dmi.dk>) où 11 RCM ont été utilisés pour réaliser une descente d'échelle dynamique des données climatiques produites par 4 GCM différents selon les scénarios d'émission de gaz à effet de serre A2 et B2 (cf. tableau n°4 issu de l'article Climate change and hydrological extremes in Belgian catchments).

Tableau n°4 : données climatiques utilisées pour les calculs hydrologiques réalisés avec SCHEME

MEMBER	SCENARIO	RESOLUTION (Km)	SCENARIO	GCM	RCM
SMHI	SMHI-MPI-A2	49	A2	ECHAM4/OPYC	RCAO
	SMHI-MPI-B2	49	B2	ECHAM4/OPYC	
	SMHI-HC-22	24	A2	HadAM3H	
	SMHI-A2	49	A2	HadAM3H	
	SMHI-B2	49	B2	HadAM3H	
KNMI	KNMI	47	A2	HadAM3H	RACMO
METNO	METNO-A2	53	A2	HadAM3H	HIRHAM
	METNO-B2	53	B2	HadAM3H	
DMI	DMI-S25	25	A2	HadAM3H	HIRHAM
	DMI-ecsc-A2	50	A2	ECHAM4/OPYC	
	DMI-ecsc-B2	50	B2	ECHAM4/OPYC	
	DMI-HS1	50	A2	HadAM3H	
	DMI-HS2	50	A2	HadAM3H	
	DMI-HS3	50	A2	HadAM3H	
ETH	ETH	55	A2	HadAM3H	CHRM
HC	HC-adhfa	50	A2	HadAM3P	HadRM3P
	HC-adhfe	50	A2	HadAM3P	
	HC-adhff	50	A2	HadAM3P	
	HC-adhfd-B2	50	B2	HadAM3P	
MPI	MPI-3005	55	A2	HadAM3H	REMO
	MPI-3006	55	A2	HadAM3H	
CNRM	CNRM-DC9	59	A2	ARPEGE	ARPEGE
	CNRM-DE5	59	A2	ARPEGE	
	CNRM-DE6	59	A2	ARPEGE	
	CNRM-DE7	59	A2	ARPEGE	
GKSS	GKSS-SN	55	A2	HadAM3H	CLM
	GKSS	55	A2	HadAM3H	CLM
ICTP	ICTP-A2	52	A2	HadAM3H	RegCM
	ICTP-B2	52	B2	HadAM3H	RegCM
UCM	UCM-A2	52	A2	HadAM3H	PROMES
	UCM-A2	52	B2	HadAM3H	

d) CORDEX et HydroTrend

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'Europe¹¹ ainsi qu'une augmentation importante des événements extrêmes tels que les vagues de chaleur, les sécheresses et les événements de précipitations intenses.

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^e siècle, quelle que soit la saison considérée. Cette augmentation diffère toutefois en fonction du scénario d'émission considéré¹².

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. Malgré les divergences, les différentes études s'accordent sur le

¹¹ 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.

¹² Marbaix, P. and Van Ypersele, J. (2004). *Impacts des changements climatiques en Belgique*. Greenpeace, Bruxelles.

fait que les précipitations, à l'horizon 2100, seront d'une part plus nombreuses mais également plus intenses^{13 14}.

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 attendus¹⁵.

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 tempêtes¹⁶.

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 W/m² à l'horizon 2100 et le scénario RCP2.6 qui prévoit un forçage de +2.6 W/m² au même horizon) ainsi qu'un scénario intermédiaire (le scénario RCP4.5 qui prévoit un forçage de +4.5 W/m² à l'horizon 2100). Le scénario le plus optimiste (RCP 2.6), ne prévoit qu'un réchauffement limité à moins de 1 °C. Le scénario le plus pessimiste (RCP 8.5) quant à lui, prévoit un réchauffement de plus de 3 °C en Belgique (météo.be).

A côté de ces Projets sur les modifications du climat, HydroTrend vise à détecter et analyser les tendances dans l'amplitude et la fréquence des débits de crues en Wallonie.

Pour cela, les maximums annuels ainsi que 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 maximums annuels et la fréquence, et 6% sont significatives pour l'amplitude des POTs. Les tendances

¹³ 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

¹⁴ 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

¹⁵ Degré, A. and Bauwens, A. (2009). Amice : Rapport d'activité intermédiaire du comité d'accompagnement wallon.

¹⁶ 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.

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.

Annexe 7 : Description synthétique de l'organisation des services de prévision de crues et d'hydrométrie

1 – France

Deux services sont concernés sur la partie française du District hydrographique international (DHI) de la Meuse pour l'hydrométrie et la prévision des crues :

- Le pôle Meuse-Moselle à la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Grand-Est avec l'unité d'hydrométrie (UH) et l'unité de prévision des crues (UPC) Meuse-Moselle ;
- Le pôle prévision des crues et hydrométrie à la DREAL Hauts-de-France pour le bassin de la Sambre avec l'UH Hauts-de-France et l'UPC Artois-Picardie.

a) Organisation de l'hydrométrie

➤ Le réseau de mesure Meuse-Moselle

Le réseau de mesure Meuse-Moselle comporte :

- **92** stations hydrométriques ;
- **20** stations hydro-météorologiques ;
- **12** stations météorologiques.

Il est suivi par **10** hydromètres et agents de maintenance et un chef d'unité.

➤ Le réseau de mesure des Hauts-de-France

Le réseau de mesure Meuse-Moselle comporte :

- **135** stations hydrométriques, dont 14 sur le bassin de la Sambre ;
- **20** stations météorologiques, dont 7 sur le bassin de la Sambre.

Il est suivi par **13** hydromètres et agents de maintenance et un chef d'unité

La liste des stations est disponible sur le site : www.vigicrues.gouv.fr

➤ Le matériel de jaugeage

Plusieurs types de matériel sont utilisés pour le jaugeage en fonction des débits et des situations rencontrées. On distingue essentiellement :

- les courantomètres ADCP (M9 de Sontek, RiverPro de RD Instruments...) ;
- les micromoulinets et perches associées ;
- les radars de surface ;
- les courantomètres électromagnétiques (ex. EMC4 de Cometec).

➤ Les stratégies de jaugeage

Les priorités de jaugeage s'articulent autour :

- des jaugeages de crue pour la construction des parties hautes des courbes de tarage ;
- des jaugeages en basses eaux pour le suivi des étiages notamment les stations influencées par la végétation ;
- des stations dont les débits sont utilisés pour la gestion des usages de l'eau ;
- des stations dont les débits sont utilisés dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau.

b) Organisation de la prévision des crues

➤ Présentation des Services de Prévision des Crues (SPC)

Le SPC Meuse Moselle est constituée de 7 prévisionnistes.

Sur **112** stations hydrométriques suivies :

- **34** stations sont des stations de prévision (à partir de la vigilance jaune : prévision d'une hauteur d'eau à 24h) ;
- **13** stations sont des stations de de vigilance avec des seuils (jaune / orange / rouge) définis en fonction des enjeux.

Le SPC Artois-Picardie est constitué de 5 prévisionnistes et d'1 référent informatique

Sur **68** stations hydrométriques (dont 11 sur le bassin de la Sambre) diffusées sur Vigicrues :

- **13** stations sont des stations de prévision quantitative (à partir de la vigilance jaune : prévision d'une hauteur d'eau à 24h) ;
- **22** stations sont des stations de vigilance avec des seuils (jaune / orange / rouge) définis en fonction des enjeux.

Pour chaque SPC :

- un règlement de surveillance, de prévision et de transmission de l'information sur les crues (RIC) est disponible en ligne.
- **2 bulletins de vigilance crues sont produits par jour (10h et 16h) avec actualisation en situation de crue.**

➤ Les outils de la prévision des crues

Pour réaliser et afficher les prévisions de hauteurs d'eau à 24h aux stations de prévision, divers outils et modèles sont utilisés par les prévisionnistes.

On distingue :

- **les prévisions graphiques** : visibles sur Vigicrues pour 10 stations pour le SPC Meuse Moselle et 8 stations pour le SPC Artois-Picardie. Ce chiffre est en cours d'évolution ;

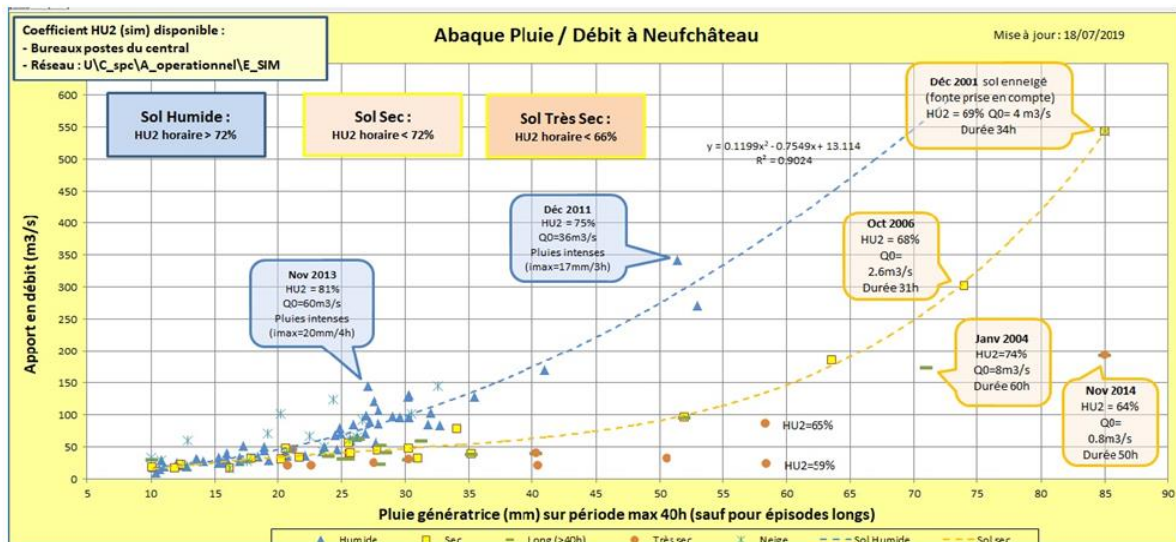
Choisies (Solre) - **Hauteurs** - 10/03/2020 11:32



Exemple de prévision graphique sur la station de Solre sur la Sambre – Source : Vigicrues

- **les abaques** :

- Abaque Pluie/débit, essentiellement en tête de bassin versant :



Exemple d'abaque pluie/débit sur la station de Neufchâteau en fonction de la pluie génératrice et de l'humidité des sols

- Abaquages de relation débit amont / débit aval ou hauteur amont / hauteur aval par le biais de corrélations observées ;

- les modèles de prévision dit « GRP »

Ce type de modèle prévoit les débits futurs en un point jaugé d'un cours d'eau à partir des mesures et des prévisions de pluies précipitées sur le bassin versant correspondant.

- les modèles hydrauliques (Mascaret – InfoWorks ICM)

- le modèle LARSIM

Il s'agit d'un modèle hydrologique global développé sur les bassins internationaux de la Meuse et la Moselle.

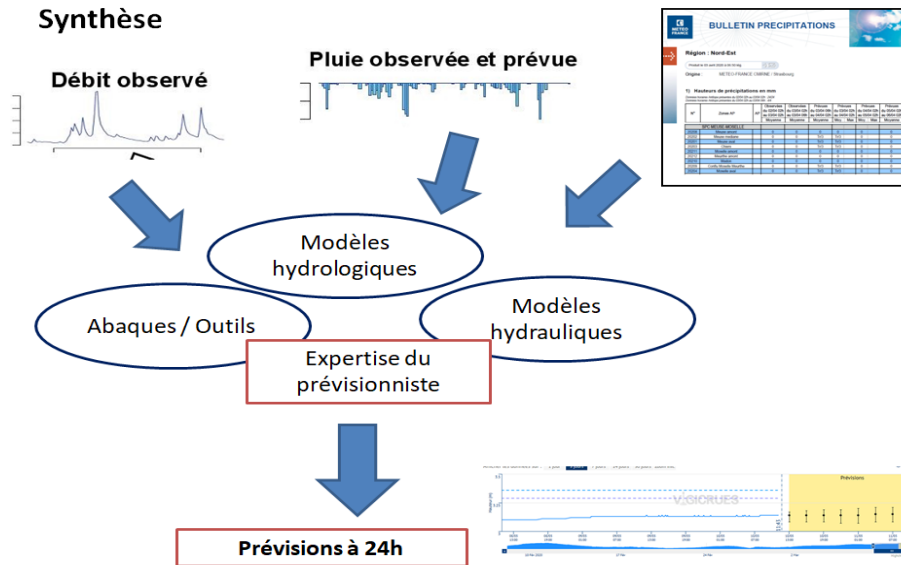
Les données d'entrée du modèle sont :

- les données pluviométriques observées (radar ou issues de pluviomètres).
- les prévisions météorologiques à court terme : (modèles AROME / ARPEGE / ICON) ou long terme (CEP/ ICON EU).
- les données de hauteurs d'eau mesurées.

Les données de calage sont : la pédologie, l'humidité du sol, l'évapotranspiration ...

Le modèle réalise des prévisions de hauteur d'eau et de débits aux stations.

Les outils de la prévision des crues



Synthèse des outils utilisés pour la prévision des crues

2 – Wallonie

a) La prévision des crues

En Wallonie et suivant le Code de l'Eau, l'annonce, le suivi et la prévision des crues et des inondations pour l'ensemble du territoire est à charge du gestionnaire des voies hydrauliques du Service public de Wallonie Mobilité et Infrastructures (SPW MI) et plus précisément à la Direction de la Gestion hydrologique (DGH).

Cette direction dispose d'une permanence opérationnelle qui repose sur trois volets :

- la surveillance continue des prévisions météorologiques, des précipitations, des niveaux d'eau, des débits et des ouvrages hydrauliques (réservoirs, positions de vannes...) à partir de son propre réseau d'observation Wacondah et de réseaux partenaires tels qu'Aqualim ;
- l'interprétation des mesures hydrologiques récoltées et des résultats des modèles de prévision pour déterminer en permanence l'état des principaux cours d'eau face au risque de crue ;
- l'alerte et la diffusion rapide des informations par le biais différents médias vers les autorités en charge de la gestion de crises, vers des partenaires spécifiques et vers le grand public.

➤ **La surveillance continue des données météorologiques et hydrologiques.**

Grâce à un accord de coopération, la DGH dispose d'un accès privilégié aux prévisions et observations météorologiques de l'Institut Royal Météorologique (IRM), qu'il s'agisse de précipitations, cellules orageuses ou neige (accumulation et fonte).

Pour les observations des niveaux et débits des cours d'eau, la DGH s'appuie sur deux réseaux d'observations Wacondah (cfr 2.1) et Aqualim (cfr 2.2). A l'instar des observations de précipitations, toutes ces données sont collectées en temps réel au pas de temps de 5 minutes.

Des données hydrologiques sont également échangées avec les services équivalents des régions et Etats limitrophes.

Enfin, une base de données spécifique collecte les observations, au pas de temps de la minute, relatives aux ouvrages hydrauliques de régulation des eaux : barrages-réservoirs, vannes au fil de l'eau, station de pompage, etc.

Toutes ces données collectées permettent de disposer d'un état des lieux complet de la situation hydrologique et des infrastructures de régulation des eaux.

➤ **La prévision des d'inondations et l'alerte des crues.**

Pour anticiper et déterminer les risques et déclencher les phases d'alertes, l'opérateur de permanence dispose d'une série de modèles hydrologiques permettant de prévoir l'évolution des débits sur les principaux bassins wallons.

Plus de 35 modèles sont déployés en Wallonie et sont tous basés sur de la modélisation stochastique. En résumé, ces modèles comparent en temps réel les mesures hydrologiques et les prévisions météorologiques avec des crues antérieures afin de reproduire des réponses équivalentes moyennant une gamme de paramètres (saisonnalité, présence de neige, etc...). Ils visent la détermination des débits en différents points stratégiques du réseau.

Tous les résultats des modèles hydrologiques Hydromax sont visualisés dans une interface spécifique baptisée Augure qui facilite les déclenchements des phases d'alerte aux inondations en Wallonie grâce à une vue spatiale et temporelle des prévisions sur l'ensemble du territoire. Une priorisation s'opère selon la taille des bassins, sachant que certains sont très réactifs (délai de quelques heures entre les précipitations et les débordements).

Les seuils sont les suivants et s'appliquent soit à l'échelle du cours d'eau, soit à l'échelle de sous-bassins versants :

- Niveau vert : la situation est normale sur tous les bassins. Il n'y a aucun risque de crue à court terme. Les débits et niveaux d'eau sont normaux pour la saison. La rivière est dans son lit mineur et ne menace pas de déborder.
- Niveau vert mais avec avertissement : les conditions climatiques observées et prévues nécessitent une vigilance accrue (risque d'orages, de tempête, de fonte rapide de neige...) avec un renforcement de la surveillance météorologique et hydrologique et un avertissement vers le Centre régional de Crise wallon.
- Niveau jaune (pré-alerte) : suivant les prévisions et les observations, un (ou plusieurs) cours d'eau d'un bassin est (sont) en condition de déborder et de provoquer des inondations localisées et sans gravité.
- Niveau rouge (alerte) : suivant les prévisions et les observations, un (ou plusieurs) cours d'eau d'un bassin est (sont) en condition de déborder et provoquer des inondations importantes avec un impact sur les infrastructures et les riverains.

Les franchissements de seuil de pré-alerte et d'alerte sont communiqués :

- o en priorité au Centre régional de Crise wallon qui déclenche et coordonne les plans d'urgence auprès des autorités provinciales et communales.
- o aux services gestionnaires du ou des cours d'eau considéré(s) pour des actions spécifiques, notamment en termes d'infrastructures hydrauliques ou de gestion de la navigation.

En alerte de crue, la communication avec le Centre régional de Crise augmente fortement avec une mise à jour soutenue des prévisions.

Outre le Centre de Crise et les gestionnaires, les prévisions et déclenchements d'alerte sont également transmises aux services hydrologiques des régions et Etats limitrophes, à des

gestionnaires exploitant les ressources en eau et au grand public, via le site internet dédié Infocruée.

b) L'hydrométrie

En Wallonie, deux réseaux hydrométriques se complètent et permettent une couverture quasi exhaustive des risques d'inondations :

- Le réseau Wacondah de la Direction de la Gestion hydrologique (DGH) du Service public de Wallonie Mobilité et Infrastructures
- Le réseau Aqualim de la Direction des Cours d'Eau non navigables (DCENN) du Service public de Wallonie Agriculture, Ressources naturelles et Environnement

Les données des deux réseaux sont en cours d'intégration dans une seule base de données et de diffusion, notamment via un portail hydrologique unique prévu en 2021.

➤ Le réseau Wacondah.

Le système WACONDAH (Water CONtrol DATA system for Hydrology and water management) est géré et développé par la DGH, notamment pour la prévision des crues et des étiages ainsi la gestion des voies hydrauliques et des réservoirs. Il comprend principalement :

- Une centaine de pluviomètres à pesée (soit environ 1 pour 150 km²) ;
- 150 stations de mesures de niveaux d'eau dont une centaine avec courbe de tarage pour établir les débits ;
- 12 stations de mesures de débits par cordes croisées (ADM) sur les voies navigables dont les niveaux sont régulés par des barrages au fil de l'eau ;
- 3 stations de mesures de fonte de neige (pesée dynamique et mesure de hauteur)
- Plusieurs centaines de capteurs de positions relatifs aux ouvrages hydrauliques (réservoirs, écluses, vannes, pompes, évacuateurs...)

Ces données sont disponibles en temps réel avec une mise à jour toutes les 5 minutes, voire chaque minute. Certaines stations dans des lieux sensibles ou stratégiques sont doublées afin de garantir la réception des données en tout temps. Les alarmes sont transmises automatiquement à la permanence opérationnelle ou à des partenaires externes.

Pour les mesures de débits sur les cours d'eau non régulés, des jaugeages sont effectués régulièrement sur l'ensemble du réseau (1.200 mesures en moyenne par an) soit par ADCP (acoustic doppler current profiler) ou moulinets hydrométriques.

Afin d'optimiser les mesures, un outil spécifique de planification des jaugeages priorise les sites à visiter en regard des observations, des prévisions, des distances et des mesures effectuées par le passé.

Le contrôle-qualité est une étape critique de la chaîne de mesure et s'appuie sur différents piliers :

- Les précipitations sont validées en collaboration avec l'IRM sur base d'autres pluviomètres et de données radars ;
- Les niveaux mesurés sont validés par des contrôles in situ, des contrôles de cohérence entre stations et des contrôles a posteriori à plusieurs couches ;
- Les débits mesurés sont validés par la mise à jour des courbes de tarage dès réception de nouveaux jaugeages.

➤ Le réseau AQUALIM.

La DCENN gère les cours d'eau non navigables de 1ère catégorie (parties de cours d'eau non navigables en aval du point où leur bassin hydrographique atteint 5000 ha) et sa cellule « Limnimétrie » exploite le réseau de mesures hydrologique AQUALIM. Ce réseau est également déployé sur les cours d'eau de 2ème catégorie gérés par les provinces wallonnes.

Le réseau de mesures Aqualim est composé comme suit :

- Un peu plus de 200 stations de mesures le long des cours d'eau (hauteur – débit),
- Un peu plus de 30 stations de mesures sur les zones d'immersion temporaire pour lutter contre les inondations afin de suivre leur remplissage (hauteur).

Les données sont transmises chaque 20 minutes ou heure par GSM/GPRS et sont stockées dans la base de données AQUALIM de la DCENN. Des alarmes sont également envoyées automatiquement sous la forme d'un SMS et/ou email par bassin versant et suivant 3 seuils :

Seuil	Niveau d'eau
Seuil 1	Elevé sans débordements
Seuil 2	Risque de débordements localisés
Seuil 3	Débordements observés

L'objectif de ces alarmes est d'aider les gestionnaires des cours d'eau (régionaux et provinciaux), la Direction de la Gestion hydrologique (DGH), le Centre régional de Crise, ... à prendre les mesures ad hoc. Plus particulièrement au sein de la DCENN, elles servent à lancer les procédures de mobilisation du personnel, le relevé des zones inondées, le contrôle des ouvrages d'art, etc.

Le contrôle-qualité des niveaux est assuré par :

- Des contrôles automatiques et manuels de cohérence des données ou de détection d'anomalies ;
- Des contrôles réguliers sur site et des opérations de maintenance correctives.

Pour convertir les hauteurs d'eau en débit, des jaugeages doivent être réalisés pour permettre le calcul d'une courbe de tarage. Les jaugeages sont réalisés en interne (1700 par an), avec au minimum dix jaugeages par an par station, voire quinze pour les sections plus instables.

Les courbes de tarage sont contrôlées une fois par semaine lors de l'implémentation de la base de données avec les jaugeages réalisés. Ce contrôle permet éventuellement d'intensifier les mesures en cas de modification des courbes.

3 – Flandre

En Flandre, le Laboratoire des sciences hydrauliques (Centre d'Information Hydrologique CIH) est responsable de la réalisation des mesures de quantité d'eau sur les **voies navigables**. Dans le bassin de la Meuse en Flandre, cela concerne la Meuse, à la frontière avec les Pays-Bas, et le système de canaux du canal Albert et des canaux de Campine. Pour les mesures sur la **Meuse à la frontière**, il existe des accords avec les Pays-Bas afin de rendre les mesures aussi efficaces que possible et de répartir le travail. Toutes les mesures sont échangées en temps réel entre le HIC et le RWS néerlandais. Le HIC gère également des mesures hydrologiques supplémentaires sur les **canaux**.

Le CIH effectue des mesures hydrologiques sur 22 sites dans le bassin flamand de la Meuse. À cinq de ces endroits, non seulement le niveau est mesuré, mais aussi le débit est déterminé.

En outre, le HIC dispose d'un pluviographe (pluviomètre auto enregistré) dans le bassin flamand de la Meuse. À partir de tous ces appareils de mesure, les valeurs mesurées sont mesurées en continu et transmises à une fréquence de 5 ou 15 minutes.

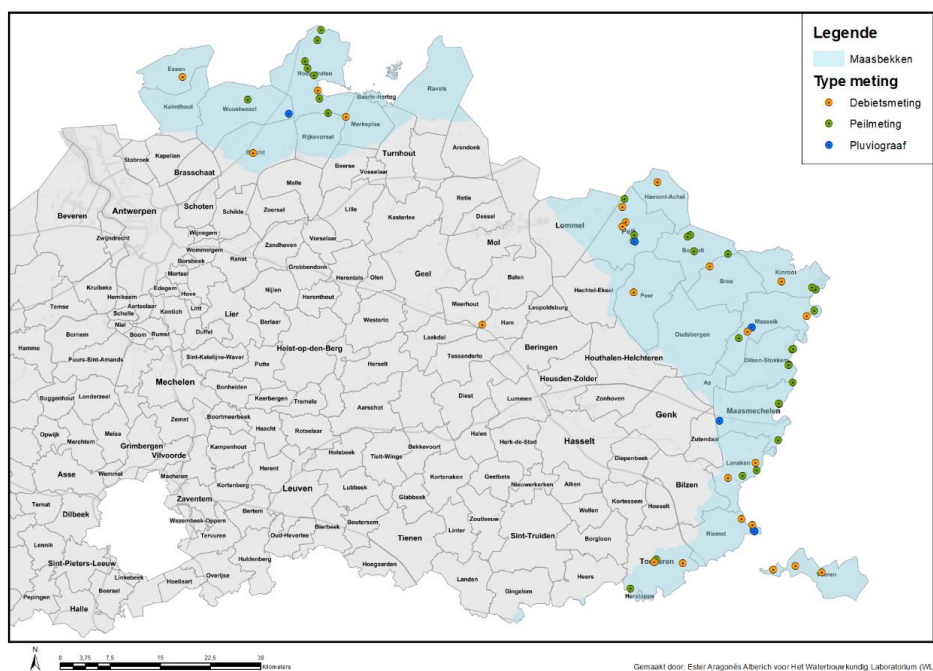
Le réseau de mesure VMM pour la surveillance de la quantité d'eau de surface des **cours d'eau non navigables** fournit des valeurs de mesure en continu avec un intervalle de 1 ou 15 minutes, selon le type de réseau de mesure. Dans le bassin flamand de la Meuse, les niveaux d'eau sont mesurés à 62 endroits, avec une détermination du débit à 23 de ces endroits. La VMM effectue également des mesures des précipitations à 5 endroits dans le bassin flamand de la Meuse.

Les données des réseaux de surveillance susmentionnés sont disponibles en temps réel sur le site web www.waterinfo.be.

Grâce à l'évolution de la technologie, il sera possible d'étendre considérablement le réseau de surveillance dans les années à venir avec de petites jauges de niveau simples. Dans un avenir proche, des points de mesure supplémentaires seront ajoutés aux petits cours d'eau.

Un aperçu des mesures dans le bassin de la Meuse est donné ci-dessous.

	Total	HIC	VMM
MESURES DU NIVEAU D'EAU	39	17	22
MESURES DE DEBIT	23	5	18
MESURES DE PLUVIOMETRIE	6	1	5



PREVISIONS DANS LE BASSIN FLAMAND DE LA MEUSE

Cours d'eau navigables

La Flandre ne dispose pas d'un modèle de prévision distinct pour la Meuse à la frontière avec les Pays-Bas et/ou le canal Albert et les canaux de Campine. Les inondations des canaux dues aux précipitations ne sont pas possibles en raison du contrôle. Pour les prévisions de la Meuse du côté flamand, il existe un partenariat entre la Flandre et les Pays-Bas, dans le cadre duquel la Flandre (HIC) contribue chaque année à la mise à jour des modèles dans le cadre

du processus JAM (Mise à jour annuelle des modèles de la Meuse). Les résultats des prévisions sont entièrement accessibles à l'équipe permanente du HIC et aux citoyens de Flandre via www.waterinfo.be.

Cours d'eau non navigables

Le VMM utilise des modèles de prévision pour un certain nombre de cours d'eau non navigables dans le bassin flamand de la Meuse. Ils fonctionnent plusieurs fois par jour avec des données toujours récentes provenant des mesures, des précipitations mesurées et des précipitations prévues du KMI. Ces résultats sont également disponibles via www.waterinfo.be.

PORTAIL WWW.WATERINFO.BE

Le site web www.waterinfo.be est opérationnel depuis janvier 2014. Avec ce site, les gestionnaires de l'eau et les instituts de recherche flamands unissent leurs forces et toutes les mesures et prévisions sont rassemblées. De cette façon, les gestionnaires de l'eau, les services de crise et les citoyens peuvent prendre à l'avance les mesures nécessaires pour réduire au maximum les dégâts des eaux. Il est également possible de consulter les cartes des prélèvements d'eau, les cartes des risques et des dangers d'inondation et l'Atlas hydrographique flamand. Les gestionnaires flamands de l'eau maintiennent le portail www.waterinfo.be et les systèmes de prévision sous-jacents en permanence opérationnels et à jour. Une nouvelle version du site sera mise en ligne à l'automne 2020.

4 – Rhénanie du Nord-Westphalie

Le résumé suivant décrit l'organisation des services de prévision des crues et d'hydrométrie.

L'Office du Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie pour la nature, l'environnement et la protection des consommateurs (LANUV) est, entre autres, responsable de la prévision des crues et de l'hydrométrie en Rhénanie-du-Nord-Westphalie (RNW).

La LANUV se compose de huit départements. Le département 5 est responsable de la gestion et de la protection de l'eau.

Le département 5 comprend lui-même huit services, divisés en divisions 51 à 58, la division 51 étant responsable de l'hydrologie et du centre du réseau de surveillance et la division 53 étant responsable de la protection contre les inondations, des eaux usées urbaines, du climat et de la gestion de l'eau. Ces deux divisions comprennent également la prévision des crues et l'hydrométrie.

Pour la prévision des inondations, le LANUV utilise les modèles de prévision LARSIM (Large Area Runoff Simulation Model) et Delft-FEWS (Flood Early Warning System). Grâce à ces modèles, il est possible de faire des prévisions de crue sur un total de 89 jauges en Rhénanie-du-Nord-Westphalie. Certains des modèles technologiques et données nécessaires sont déjà disponibles, tandis que d'autres sont encore en cours de développement. Dans le cadre du nouveau dispositif de prévision des inondations, une phase de tests pré-opérationnels sera mise en œuvre prochainement.

En plus de la prévision des crues, la RNW dispose d'un service d'alerte aux inondations. Cette tâche est effectuée par les autorités régionales pour les cours d'eau à risque d'inondation (y compris la Rur). Les autorités du district de Cologne sont responsables du service de lutte contre les inondations de la Rur. Le service d'alerte aux inondations est assuré au niveau des autorités du district de Cologne par une équipe de 4 personnes, qui sont d'astreinte à tour de rôle.

Les données de base nécessaires (niveau d'eau et précipitations) sont collectées par la LANUV et mises à la disposition des autorités de district via l'intranet. Cela garantit la mise à

disposition de données de base actualisées pour le service des inondations. Les données de base fournies sur l'internet sont mises à disposition avec un délai d'environ une heure et ne peuvent donc être utilisées que partiellement pour le service des inondations.

Le service des inondations est assuré par les autorités du district de Cologne de la manière suivante : lorsqu'un niveau de pré-alerte (limite d'alerte prédéfinie pour une station concernée) est atteint sur l'une des 36 stations de mesure (d'alerte) dans la région des autorités du district de Cologne, ces dernières reçoivent automatiquement un avertissement pour la station concernée. C'est le début du service d'alerte aux inondations. Si les limites d'alerte supplémentaires 1, 2 ou 3 sont ensuite dépassées à un certain niveau, un avis d'inondation est d'abord diffusé par téléphone, puis un avis d'inondation écrit des autorités du district de Cologne est envoyé par courrier électronique aux centres de contrôle des catastrophes concernés et/ou aux autres destinataires concernés.

Ces rapports d'inondation comprennent principalement les noms des stations de mesure et des masses d'eau, le niveau d'eau actuel de la station de mesure et d'autres stations de mesure dans le bassin versant avec la date et l'heure, les limites d'alarme (seuils d'alerte), la tendance et les prévisions de l'évolution prévue des niveaux d'eau aux stations de mesure.

Si les niveaux d'eau tombent à nouveau sous les seuils d'alarme ou d'alerte, les autorités du district de Cologne envoient un rapport final aux autorités préalablement informées. C'est la fin du service d'alerte aux inondations.

5 – Pays-Bas

➤ Organisation

Tous les rapports sur les inondations aux Pays-Bas sont publiés par le Centre de gestion de l'eau des Pays-Bas, à Lelystad (WMCN). Le WMCN Rivières (qui fait partie de Rijkswaterstaat Transport and Water Management) et TEM (Team Expertise Maas, qui fait partie de Rijkswaterstaat South Netherlands) rédigent conjointement les rapports sur les inondations.

➤ Rôles et responsabilités

Le WMCN Rivières est chargé d'établir une prévision des niveaux d'eau et des débits pour Eijsden et de réaliser une analyse hydrologique de la partie amont du bassin de la Meuse. En outre, il est responsable de l'ensemble du processus de prévision des inondations.

L'équipe Expertise Meuse fournit les prévisions de débit et de niveau d'eau pour la partie néerlandaise du bassin de la Meuse et fournit des informations régionales pertinentes.

➤ Processus de coopération

La coopération se fait à partir du système opérationnel "RWSOS Rivieren". Ce système rassemble les attentes des deux équipes et conduit à un ensemble cohérent de prévisions de débits et de niveaux d'eau pour l'ensemble du bassin versant de la Meuse.

➤ Définition des crues de la Meuse

Les inondations sur la Meuse se décomposent en situations de débit élevé et en situations d'inondation, comme le prévoit le Manuel national sur les inondations et les crues (LDHO). Il y a une situation de débit élevé si le débit mesuré à St. Pieter se situe dans la plage de 800 à 1500 m³/s. Les débits mesurés de 1500 m³/s ou plus sont en situation d'inondation.

➤ Notification

En cas de situation de débit en augmentation, des rapports de situation seront établis et publiés. Un rapport de situation est la version la moins détaillée d'un rapport sur les inondations. Un rapport de situation contient un pronostic de débit sur plusieurs jours pour la

station de surveillance de St. Pieter, ainsi qu'une description générale de la situation. En moyenne, les messages de statut sont émis une fois par jour.

En cas d'inondation, des messages d'inondation sont émis. En plus des prévisions de niveau d'eau sur plusieurs jours provenant de toutes les stations de mesure dans le bassin versant néerlandais, ces messages contiennent également des prévisions lorsque le niveau d'eau supérieur est dépassé et aussi des prévisions de niveau d'eau par km. En outre, les messages relatifs aux inondations comprennent une description détaillée de la situation.

La fréquence d'émission des messages d'inondation dépend de la hauteur du débit/niveau d'eau mesuré. Il s'agit d'une à quatre fois par jour au maximum.