

# Effecten van klimaatveranderingen op de Maas

## Hydraulische simulatie van bron tot monding

Samenvatting rapport WP1 - Actie 6

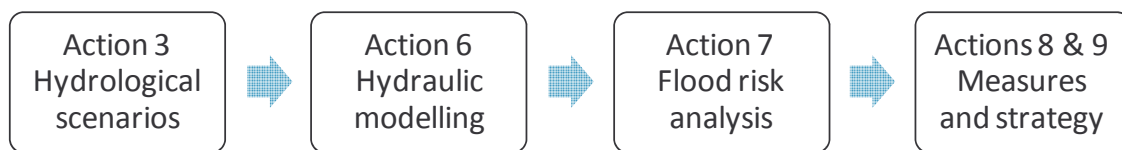


## INLEIDING

Dankzij het project AMICE kunnen gemeenschappelijke scenario's, instrumenten en methodes worden gebruikt om enerzijds maatregelen te beoordelen die de effecten van klimaatveranderingen op het stroomgebied van de Maas bestrijden en anderzijds strategieën uit te werken die uiteindelijk vergelijkbaar zijn tussen de landen onderling.

Het project AMICE zal lopen van 2009 tot 2012 en bestaat uit 5 Werkpakketten.

De doelstellingen van Werkpakket 1 zijn uitgewerkt in 9 Acties. Dit rapport zet de methodes en resultaten van Actie 6 uiteen, die in 2010 en 2011 werden verwezenlijkt onder leiding van de Universiteit van Luik.



*Figuur 1: Hydraulische simulatie is een belangrijk onderdeel van de analyse van overstromingsrisico's en hoogwaterbescherming.*

Dit rapport volgt op een 1<sup>ste</sup> taak onder leiding van de Universiteit van Metz voor Actie 3. Het resultaat van dat voorbereidende werk is de overeenkomst tussen alle partners van AMICE om de volgende scenario's te gebruiken voor toekomstige overstromingen en laagwater, rekening houdend met de effecten van klimaatveranderingen:

- Een stijging van de waarden van **Qhx<sub>100</sub>** met **15% voor 2021-2050** en **30% voor 2071-2100**, waarbij **Qhx<sub>100</sub>** staat voor de rivierafvoer bij overstromingen die om de 100 jaar terugkeren;
- Een daling in de waarden van **MAM7** met 10% voor 2021-2050 en 40% voor 2071-2100, waarbij **MAM7** staat voor het gemiddelde minimale debiet tijdens 7 opeenvolgende dagen per jaar.

### De noodzaak om een consistent internationaal hydraulisch model te ontwikkelen om de toekomstige gevolgen van overstromingen ten gevolge van klimaatveranderingen te bepalen

**De stap van de hydraulische simulatie is essentieel om de (toekomstige) gevolgen van overstromingen te begrijpen.** Er worden maatregelen en strategieën ingevoerd om de nieuwe klimaatomstandigheden aan te pakken door de effecten van overstromingen te verminderen.

Hydraulische simulatie is nodig om de schade door overstromingen te meten. Dit soort modellen resulteert in informatie doorheen de tijd en op verschillende plaatsen in de rivier van waterdieptes, duur van de overstromingen en snelheid van het water. Die informatie kan worden gebruikt om maatregelen en beleidslijnen te ontwikkelen voor de vermindering of zelfs preventie van schade door overstromingen. Bovendien zullen de hydraulische simulaties in de loop van het hele project AMICE nuttig blijken en de grensoverschrijdende ontwikkeling zou in heel wat andere studies over de hele wereld kunnen worden gebruikt. Tot slot kunnen de resultaten van hydraulische simulaties ook dienen voor communicatie want ze kunnen worden gebruikt om kaarten met de omvang van overstromingen te maken voor een betere bewustmaking van het publiek.

In elk land werden voor de Maas en enkele zijrivieren hydraulische simulaties uitgevoerd. Die modellen hebben wel enkele kenmerken gemeenschappelijk, maar dat volstaat niet om meteen samenhangende resultaten voor de volledige loop van de Maas te bekomen. Daarom bestaat het voornaamste doel van **Actie 6** erin een **consistent internationaal hydraulisch model** uit te werken. De aanpak van Actie 6 is erop gericht de modellen en de verwerking van de resultaten van modellen van de verschillende landen aan elkaar te koppelen en een gemeenschappelijke procedure op te stellen zodat ze allemaal parallel kunnen worden toegepast.

In Actie 6 werden de volgende stappen gevolgd:

1. Informatie verzamelen over modellen en invoerdata die door elke regio worden gebruikt en die met elkaar vergelijken;
2. Een methode bepalen voor gemeenschappelijke activiteiten voor hydraulische simulaties: keuze van samenhangende randvoorwaarden voor de volledige rivier en de manier waarop de simulatie wordt uitgevoerd;
3. De hydraulische modellen parallel laten rekenen voor de verschillende regio's. De consistentie van de resultaten aan de grenzen controleren na een eerste toepassing. Indien nodig de randvoorwaarden verbeteren om de consistentie tussen de modellen over de grenzen heen te verzekeren en daarna een tweede keer toepassen om de resultaten te controleren.
4. De simulatie voor de natte scenario's van AMICE uitvoeren en het effect van de klimaatveranderingen analyseren:
  - op de schaal van de rivier voor verschillende punten en rivierpanden: effecten op waterpeil, op overstromde gebieden en het geaccumuleerde volume;
  - op lokale schaal: kaarten van de omvang van overstromingen voor de natte scenario's tekenen en bepalen hoe de kwetsbaarheid van de geselecteerde potentieel kritieke plekken samen met de klimaatveranderingen kan evolueren.

## Consistentie en verschillen tussen bestaande hydraulische simulaties

### Informatie verzamelen over de modellen en gegevens die door elke Partner worden gebruikt

Voor elke regio van de Maas werden reeds hydraulische simulaties ontwikkeld. Toch **maken de hydraulische simulaties langs de Maas geen gebruik van de rivierafvoer of het waterpeil van de stroomopwaartse of stroomafwaartse modellen** en er bestaan grote verschillen **tussen de modellen onderling**. Er is dus zeker nood aan een consistentere internationale aanpak.

Uit een beoordeling van de bestaande modellen bleek dat:

- Bestaande modellen bijna de volledige loop van de Maas van bron tot monding behandelen. Voor Duitsland werd het model uitgevoerd voor de Rur, een belangrijke zijrivier van de Maas (zie Figuur 2).
- Er aanzienlijke verschillen bestaan tussen de modellen en die zijn een weerspiegeling van de verschillen in kenmerken van het stroomgebied, maar ook van enkele specifieke behoeften van de gebruikers:
  - o in termen van ruimtelijke voorstelling gaan de modellen van volledig eendimensionaal, gebaseerd op dwarsdoorsnedes van de rivierbedding en de overstromingsgebieden (bv. in Nederland), tot een volkomen tweedimensionale beschrijving gebaseerd op hoogtemeting met laser en dieptemeting met sonar (in Wallonië en ook in Nederland);
  - o in termen van de voorstelling in de tijd kunnen de modellen dynamisch of statisch zijn. Frankrijk, Vlaanderen, Duitsland en Nederland gebruiken dynamische modellen, terwijl Wallonië gebruik maakt van statische.

Die verschillen tussen de soorten gebruikte modellen komen overeen met de topografie van het stroomgebied van de Maas (Figuur 3). Het stroomgebied van de Maas kan immers worden onderverdeeld in drie grote geologische zones. De zuidelijke en noordelijke delen worden gekenmerkt door **uitgestrekte overstromingsgebieden**, terwijl de Maas in het centrale gedeelte van het stroomgebied tussen Charleville-Mézières en Luik wordt omgeven door de Ardennen, gekenmerkt door **smalle en steile dalen**. Die kenmerken per streek vormen doorslaggevende elementen tijdens overstromingen aangezien zij bepalen of **een demping van de hoogwatergolf** mogelijk is. Ze bepalen bijgevolg de optimale methode voor hydraulische simulaties in de verschillende delen van het stroomgebied en in het bijzonder de keuze tussen statische en dynamische modellen.

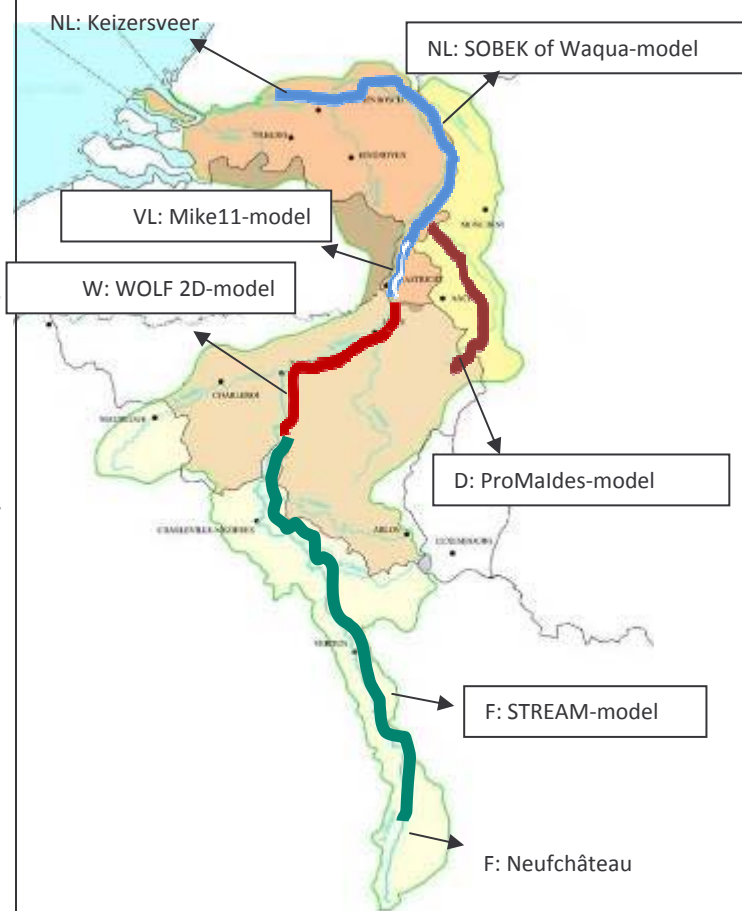
### Basisbegrippen van hydraulische simulaties

Over het algemeen kunnen verschillende soorten hydraulische modellen worden gebruikt, afhankelijk van de vorm en werking van het riviersysteem.

Modellen kunnen statisch of dynamisch zijn. Bij de eerste soort wordt ervan uitgegaan dat de waterafvoer niet verandert in de tijd. Er wordt dus slechts één enkele statistische waarde gebruikt voor de maximale afvoer (voor het project AMICE is dat  $HQ_{100}$ ). Dergelijke veronderstellingen zijn relevant voor smalle valleien.

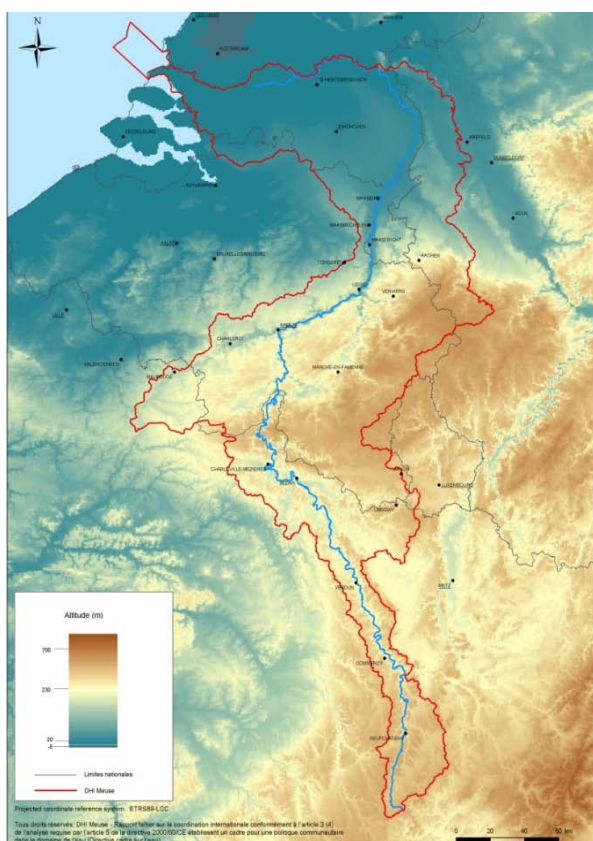
Bij de tweede soort varieert de rivierafvoer in de tijd: hydrogrammen worden gebruikt als stroomopwaartse randvoorwaarden. Die modellen zijn relevanter voor uitgestrekte overstromingsgebieden waar het water misschien wordt opgeslagen want zij kunnen rekening houden met de afname van de afvoer ten gevolge van de wateropslag in de overstromingsgebieden.

Daarnaast kunnen simulaties in 1D of 2D worden uitgevoerd: in het eerste geval wordt verondersteld dat de waterstroom altijd in dezelfde richting gaat, terwijl in het tweede geval meerdere stroomrichtingen in aanmerking kunnen worden genomen in de context van de specifieke topografie van het overstromingsgebied.



Figuur 2: Bestudeerde rakkens en overeenkomstige hydraulische modellen.

Figuur 3: Het stroomgebied van de Maas

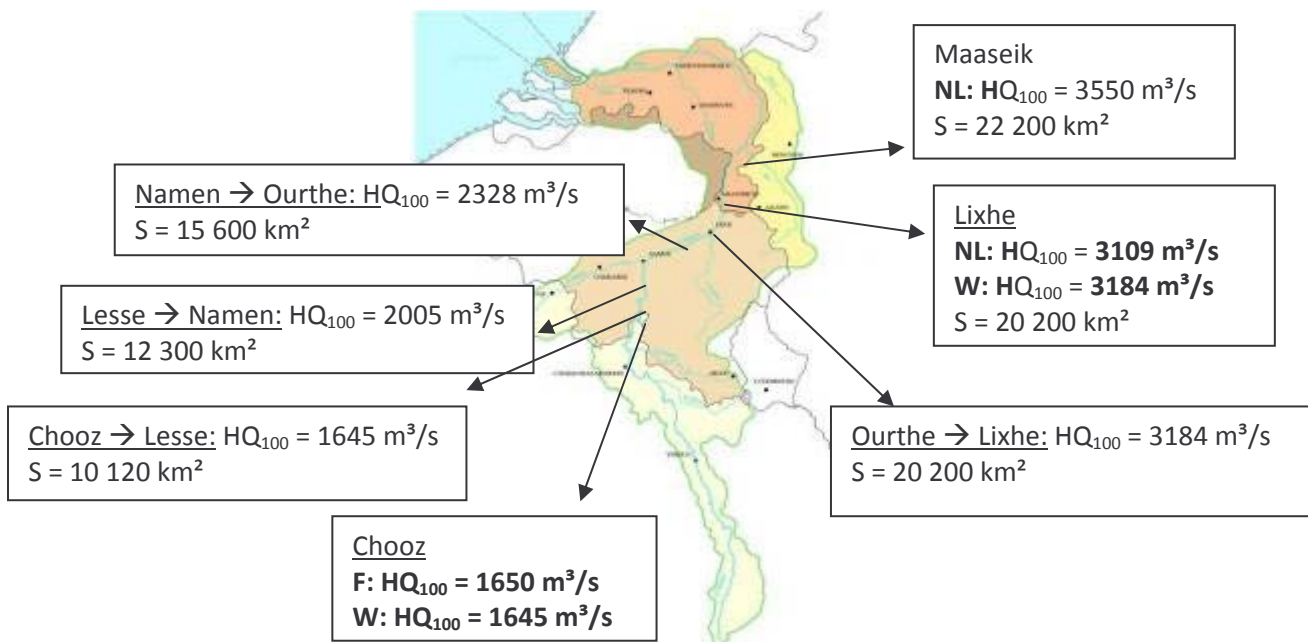


## Zorgen voor continuïteit aan de grenzen: randvoorwaarden

Hydraulische modellen hebben een stroomopwaartse en stroomafwaartse randvoorwaarde nodig, die constant kan zijn voor het gebruik in statische modellen en kan afhangen van de tijd voor het gebruik in dynamische modellen. De stroomopwaartse randvoorwaarde is over het algemeen een afvoer en de stroomafwaartse een waterpeil. Het waterpeil kan worden berekend op basis van de afvoer wanneer de verhouding tussen waterstand en afvoer bekend is.

Elk hydraulisch model is momenteel gebaseerd op de uitvoer van hydrologische modellen (regenval-afvoer) of op statistische hydrologische gegevens afgeleid uit waarnemingen aan de bestaande meetstations. Alle meetstations van het stroomgebied van de Maas hebben historische gegevens opgetekend gedurende een periode tot 25, 50 en zelfs 100 jaar in Borgharen (NL). Die tijdreeksen vormen de basis voor de berekening van  $HQ_{100}$ , de stroomopwaartse randvoorwaarden die worden gebruikt voor de hydraulische simulaties. De waarden  $HQ_{100}$  aan elke grens zijn samengevat op de onderstaande kaart (Figuur 4).

**De verschillen tussen de gebruikte gegevens bleken klein te zijn:** de statistische afvoer aan de grenzen bleek niet meer dan 2 tot 3% te verschillen in Lixhe (grens tussen Wallonië en Nederland) en minder dan 1% in Chooz (grens tussen Frankrijk en Wallonië).



Figuur 4: Afvoer  $HQ_{100}$  en afwateringsgebied ( $S$ ) per onderzocht rak van de Maas.

## Een gemeenschappelijke methodiek voor hydraulische simulatie ontwikkelen

Nadat de consistentie van de hydrologische waarden aan de nationale grenzen was gecontroleerd, bestond er nog steeds een verschil tussen de benaderingen van de statische en dynamische modellen.

Voor samenhang tussen de simulaties in elke regio werd de volgende aanpak gevolgd:

1. Consistente randvoorwaarden tussen de regio's bepalen;
2. Een methodiek voor de verwezenlijking van de simulaties bepalen: kiezen voor een volledig statische of dynamische benadering en de simulaties tegelijkertijd uitvoeren of elk model parallel uitvoeren.

Voor de 1<sup>ste</sup> stap vereist de reeks wiskundige vergelijkingen van de modellen (Saint-Venant vergelijking voor stroming in ondiep water) geschikte randvoorwaarden:

- **Stroomopwaartse randvoorwaarden** zijn ofwel de maximale afvoerwaarde  $HQ_{100}$  aan het meetstation voor de statische modellen of hydrogrammen voor de veranderlijke modellen,
- **Stroomafwaartse randvoorwaarden** zijn gewoonlijk het waterpeil, bepaald dankzij de verhouding tussen waterstand en afvoer.

Voor de simulatie van Actie 6 werden de volgende randvoorwaarden overeengekomen:

- De gemeten gegevens worden gebruikt bij het uiterste stroomopwaartse punt in Neufchâteau (afvoer) en bij de stroomafwaartse grens in Keizersveer (waterpeil).
- Alle andere randvoorwaarden hangen af van de resultaten van de andere modellen.

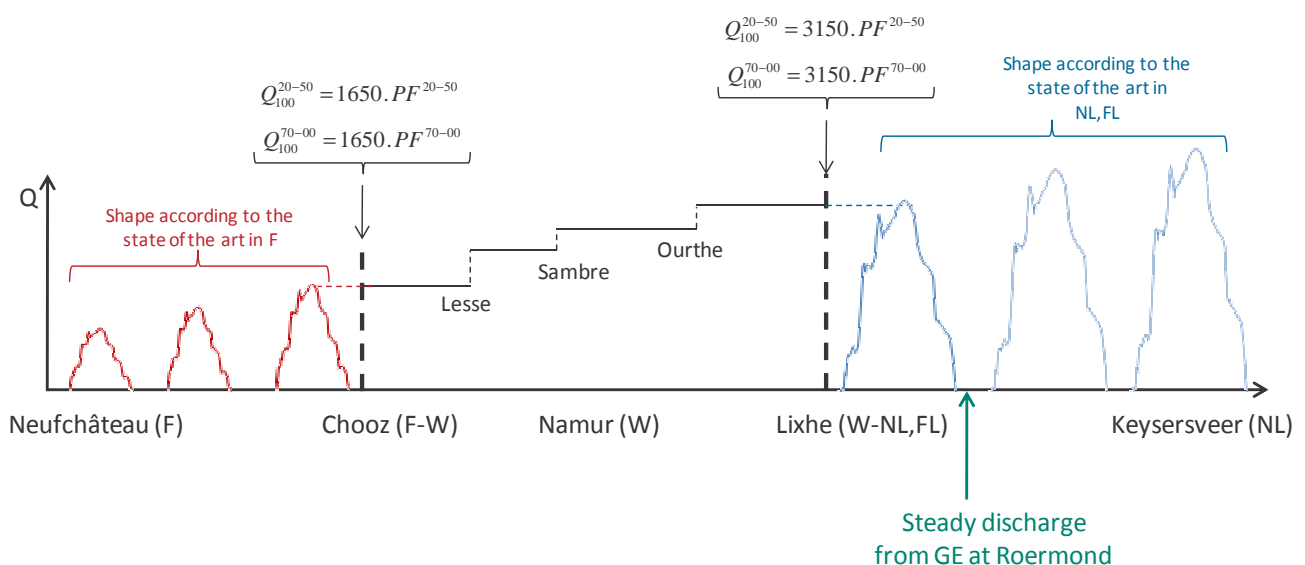
Belangrijke te beantwoorden vragen in Actie 6 van het project AMICE: zouden alle modellen tegelijkertijd worden toegepast en zou dan een volledig statische of een dynamische simulatie voor de volledige loop van de Maas worden gebruikt of zouden eerder de bestaande verschillen tussen de modellen een plaats krijgen om die zo parallel toe te passen?

De eerste aanpak bleek ontoereikend want die verhinderde het optimale gebruik van de beschikbare tijd.

De overeengekomen gemeenschappelijke procedure **combineert dus dynamische en statische modellen**, afhankelijk van de bestaande gewoonte per regio en in overeenstemming met de bergingscapaciteit van de overstromingsgebieden, waarbij **een parallele** (in plaats van opeenvolgende) **toepassing** van de modellen mogelijk wordt gemaakt en **een redelijke continuïteit van de resultaten aan de grenzen wordt verzekerd**.

De gekozen methodiek was ten slotte een procedure in twee stappen. Ten eerste werden alle hydraulische modellen afzonderlijk toegepast op basis van de gemeten of geëxtrapoleerde gegevens.

Daarna werd tussen de verschillende modellen de consistentie van de resultaten van de simulaties aan de grenzen gecontroleerd en indien nodig werden de (sub)modellen nog een tweede keer in praktijk gebracht. Indien een tweede keer nodig was, maakte het gebruik van randvoorwaarden overgedragen van de aangrenzende modellen het mogelijk de continuïteit over de grenzen heen te herstellen (Figuur 5).



Figuur 5: Schematisatie van de verdeling van de afvoer langs de Maas: tussen Neufchâteau en Chooz evenals tussen Lixhe en Keizersveer werden dynamische modellen gebruikt, terwijl dat tussen Chooz en Lixhe een statisch model is.

\*PF: Perturbatiefactor

## Controle van de consistentie aan de grenzen

### Vorbereidend werk: punten voor vergelijking kiezen en een gemeenschappelijk referentiesysteem bepalen om de resultaten met elkaar te vergelijken

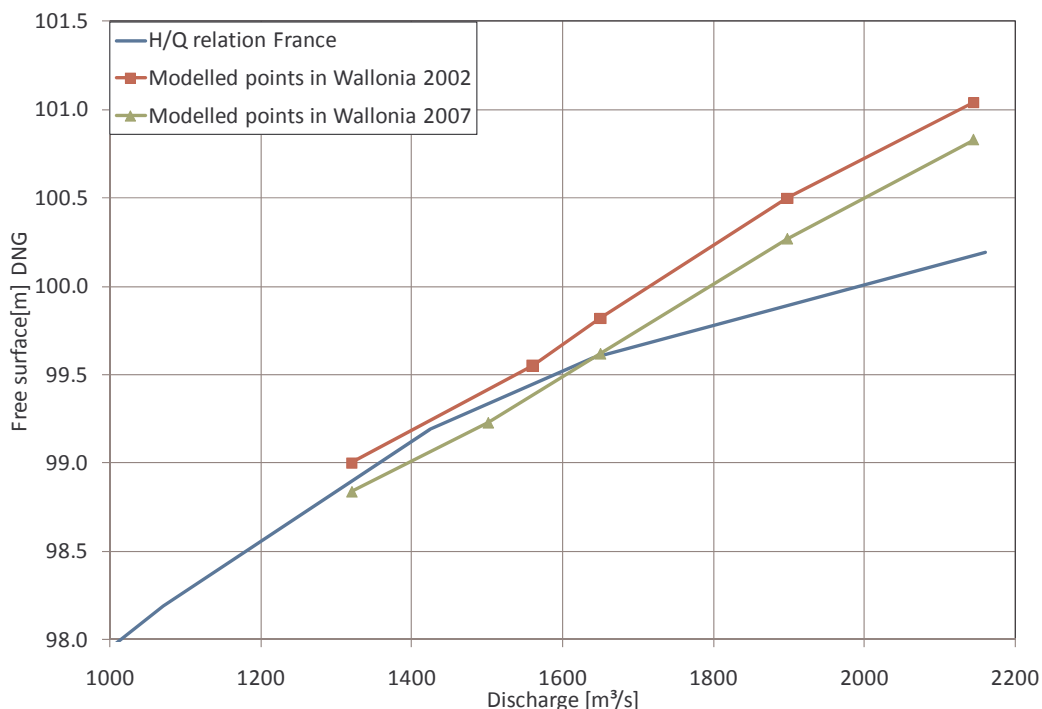
Er werden 5 punten gekozen om de resultaten van de modellen te vergelijken: Chooz aan de grens van Frankrijk met Wallonië, Lixhe aan de grens van Wallonië met Nederland, Linne en Borgharen voor de vergelijking van de Nederlandse met de Vlaamse modellen en Roermond voor de Nederlandse en Duitse modellen.

Aangezien de coördinatensystemen en referenties voor hoogtemeting per regio verschillen, moesten daarna de in de verschillende landen gekozen ruimtelijke waarden van de punten voor vergelijking worden omgezet in een gemeenschappelijk projectiesysteem om de resultaten van hydraulische simulaties met elkaar te vergelijken. Lengte en breedte werden als gemeenschappelijk coördinatensysteem gekozen, terwijl voor de hoogtereferentie de Belgische TAW werd behouden omdat Wallonië en Vlaanderen die al allebei toepasten.

### De simulatie uitvoeren: verschillen vaststellen na de eerste toepassing aan elke grens en uitzoeken hoe die te verminderen

Na de 1<sup>ste</sup> simulatie werd tussen Frankrijk en Wallonië een groot verschil in waterpeil tot wel 1 meter ontdekt. Dat was het gevolg van drie elementen: een verschil in de curves van de waterstand en afvoer van het Franse model, gebruikt als stroomafwaartse randvoorwaarde (Figuur 6), een dieptemeting van de Maas die in Wallonië niet werd bijgewerkt en de noodzaak aan een correctie van de ruwheidspaarparameter van het Franse model in het Waalse gedeelte. Na het vastleggen van die parameters toonde de 2<sup>de</sup> toepassing nog slechts een verschil van 10 cm. In figuur 6 is de dieptemeting van 2002 aangeduid als “gesimuleerde punten in Wallonië 2002” en de bijgewerkte dieptemeting als “gesimuleerde punten in Wallonië 2007”.

Figuur 6: Verschil tussen Franse en Waalse curves van waterstand en afvoer, gebruikt als stroomafwaartse randvoorwaarde.



Het verschil tussen Wallonië en Nederland bedroeg na de 1<sup>ste</sup> toepassing minder dan 20 cm. Na een kleine correctie van de randvoorwaarde van het Waalse model bleken de resultaten consistent te zijn.

Tussen Vlaanderen en Nederland werd een verschil van 30 cm vastgesteld evenals een verschil in piekafvoer bij de beide modellen. Die waren echter niet groot genoeg om de modellen nog een tweede maal te moeten

toepassen; bovendien volgen de lijnen van de instroom de vastgelegde methodiek. Tot slot waren er ook enkele kleine verschillen in Borgharen, te wijten aan de vormverschillen van de hydrografen.

Tot slot paste Duitsland de stroomopwaartse randvoorwaarden voor de Rur aan aan de afvoer bij de samenloop van beide rivieren in Roermond. Die waarde stemde overeen met een  $HQ_{100}$  in de Maas. De afwijking in de piekafvoer en de hoeveelheid overstromingswater bedroeg uiteindelijk nog geen 5%.

## Resultaten en analyse

Na een rechtlijnige toepassing van de simulaties van bron tot monding van de Maas werden de resultaten geanalyseerd op twee aanvullende niveaus: op de schaal van het ganse stroomgebied en op lokale schaal.

### De effecten van klimaatveranderingen analyseren op de schaal van de rivier

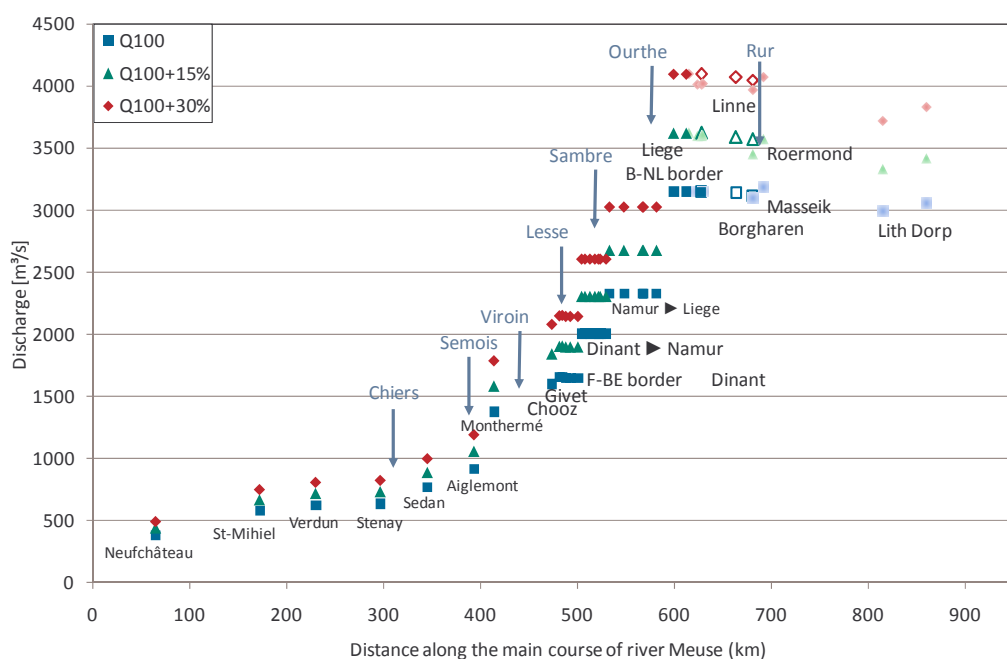
#### Hydrogrammen en piekafvoer

Eerst werden de piekafvoer en waar mogelijk de hydrogrammen, als invoer voor de hydraulische modellen, bepaald voor de scenario's met  $HQ_{100}+15\%$  en  $HQ_{100}+30\%$  en vervolgens geanalyseerd. De volgende resultaten over de algemene werking van het stroomgebied van de Maas konden worden afgeleid uit de simulatie, hoewel ze niet gerelateerd zijn aan de gevolgen van klimaatverandering.

De hydrogrammen tonen dat de waterdiepte en duur van de overstroming geleidelijk aan toenemen naarmate de afstand tot de bron groter wordt, wat het effect van de aanvoer door zijrivieren aantoont. In de Vlaams-Nederlandse grensstreek tussen Borgharen en Linne daarentegen neemt de maximale waterdiepte af door een lichte demping door de overstromingsgebieden en er zijn ook geen belangrijke zijrivieren. De berekende propagatietijd bedraagt ongeveer 130 uur tussen Neufchâteau en de Frans-Belgische grens en ongeveer 20 uur tussen Borgharen en Linne.

De waarden van de piekafvoer werden afgeleid uit de hydrogrammen

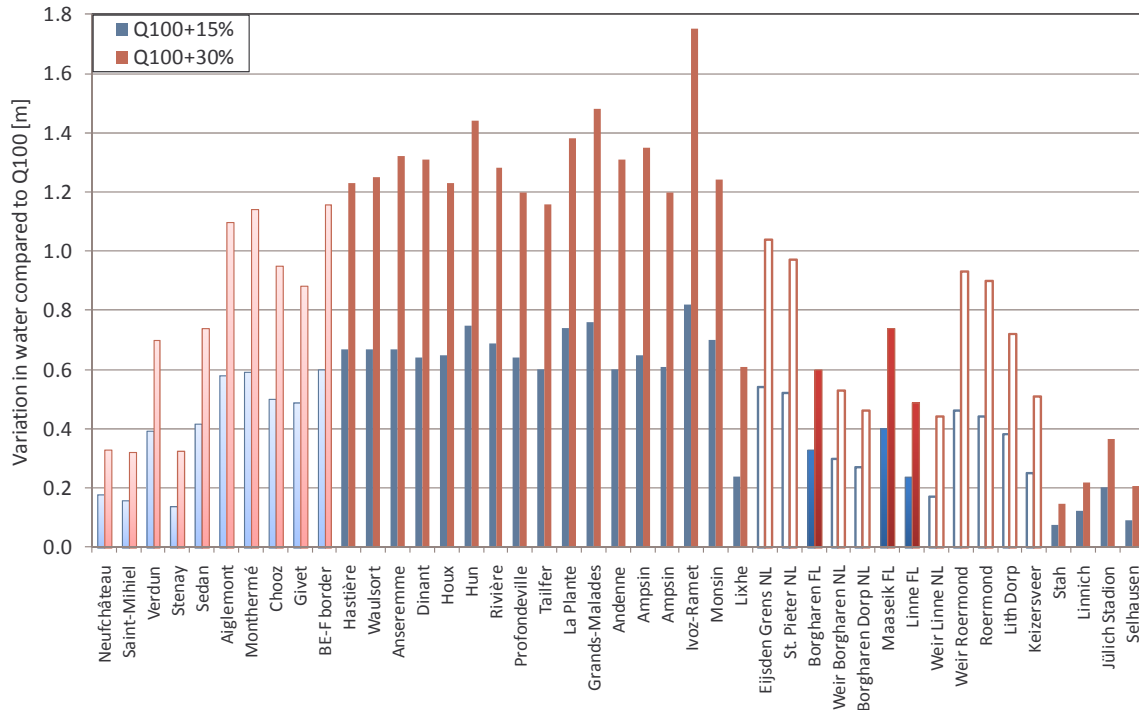
Figuur 7 toont dat de afvoer geleidelijk aan toeneemt vanaf de bron tot Givet. Ten tweede neemt de afvoer stap voor stap toe, wat telkens overeenkomt met de grote zijrivieren in Wallonië. Vervolgens wordt de aanvoer van de zijrivieren lichtjes minder tussen Lixhe en Roermond en tot slot doet zich stroomafwaarts een nog grotere afname voor ten gevolge van de uitgestrekte overstromingsgebieden in Nederland.



Figuur 7: Vergelijking piekafvoer van bron tot monding

### Waterdiepte, overstromd gebied en geaccumuleerd volume

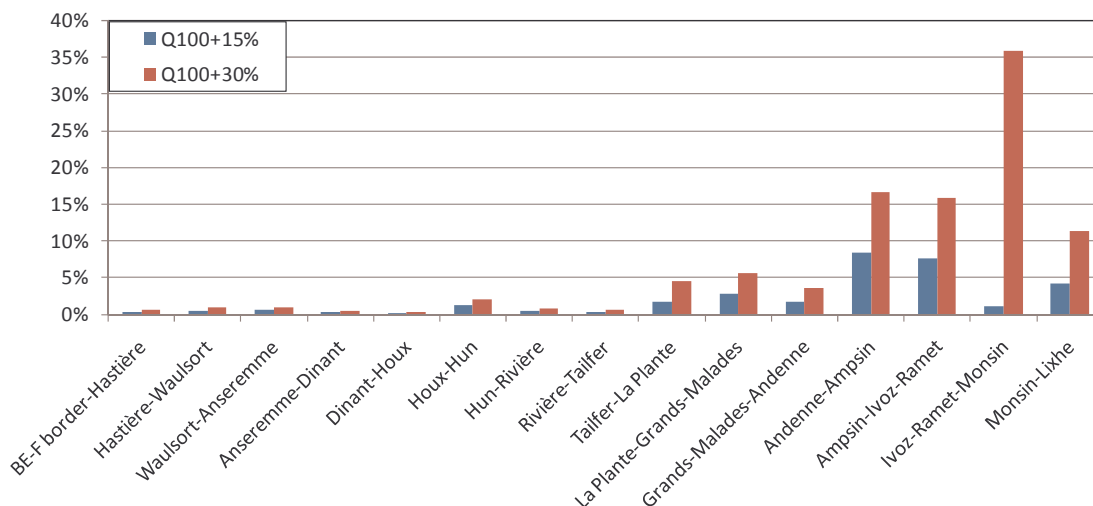
Daarna konden dankzij de hydraulische simulaties andere gegevens met elkaar worden vergeleken. De resultaten toonden aan dat de effecten van klimaatveranderingen per regio aanzienlijk kunnen verschillen door de natuurlijke werking van de rivier.



Figuur 8: Verschil in waterdiepte in vergelijking met HQ100 op geselecteerde punten

**De analyse van de veranderingen in waterdiepte** op de gekozen punten langs de riviervakken leidde tot de volgende conclusies (zie Figuur 8):

- In het meest opwaartse en meest afwaartse deel van de Maas gaan de waarden van +30 cm (periode 2021-2050) tot +70 cm (periode 2071-2100), terwijl die in de middenloop -tevens smallere gedeelte van het stroomgebied- van +60 tot +130 cm gingen. Die hogere gevoeligheid van het waterpeil voor een toename van de afvoer in het centrale gedeelte hangt samen met de topografie van de vallei.
- **Daarna werden de overstromde gebieden en het geaccumuleerde volume** voor elke sectie weergegeven als hun respectieve aandeel in de totale stijging voor HQ<sub>100</sub>+30% in elk land.
  - In Frankrijk waren de secties tussen Verdun en Aiglemont het sterkst beïnvloed door de toename van de afvoer door de klimaatverandering (elke sectie vertegenwoordigt 15% tot 30% van de totale toename van het overstromde gebied door klimaatverandering voor het scenario met HQ<sub>100</sub>+30%).
  - In Wallonië ondervond het gedeelte van de rivier tussen Andenne en Monsin de grootste invloed (zie Figuur 9 – de sectie Ivoz-Monsin, met inbegrip van de industriezone van Luik, vertegenwoordigt ongeveer 35% van de totale toename van het overstromde gebied voor het scenario met HQ<sub>100</sub>+30%).
  - In Nederland en Vlaanderen werden de secties tussen Lanaken en Kessenich het meest beïnvloed tijdens beide onderzochte periodes (ongeveer 35% van de totale toename van geaccumuleerd volume), gevolgd door het gedeelte van de rivier dat de naam “Zandmaas” draagt (ongeveer 10%).



Figuur 9. Aandeel van de overstroomde gebieden per rak  
in vergelijking met de totale toename van het overstroomde gebied voor  $HQ_{100+30\%}$  in Wallonië

## De effecten van klimaatveranderingen op de overstrooming van strategische kritieke plekken analyseren

In elk land werden strategische potentieel kritieke plekken gekozen om het effect van klimaatveranderingen en de daaruit voortvloeiende overstroomingen te analyseren. Per kritieke plek werd voor de drie uitgewerkte scenario's een kaart met mogelijke overstroomingsuitgestrektheid gemaakt.

**In Frankrijk** werden de steden Givet en Charleville-Mézières ernstig getroffen door de overstrooming van 1995. Na die gebeurtenis werden beschermingen gebouwd (muren, dijken, afsnijdingen, dynamische wachtbekkens, ...). Toch zullen de aangelegde beschermingen **onder het natte scenario van AMICE ontoereikend blijken om beide steden te beschermen**. Bovendien zullen strategische delen van Charleville-Mézières onder water komen te staan. Voor de stad Verdun blijven de effecten van klimaatveranderingen beperkt in termen van overstroomde gebieden, maar de waterdiepte zou kunnen stijgen van 40 tot 60 cm.

**In Wallonië** is de belangrijkste stad **Luik** momenteel beschermd tegen een overstrooming die zich om de 100 jaar voordoet. De simulaties toonden aan dat **het overstroomde gebied veel groter zal worden naargelang de scenario's van de klimaatverandering ernstiger worden**.

De geselecteerde kritieke plek langs de **Nederlands-Vlaamse** grens komt overeen met een gedeelte van de Grensmaas. Aangezien geen rekening werd gehouden met dijkbreuken tonen de overstroomingskaarten slechts weinig verschil in uitgestrektheid van het **overstroomde gebied**. Hoewel de uitbreiding van het overstroomde gebied niet veel zal variëren met de klimaatverandering, **zullen de waterdieptes worden beïnvloed**.

Tot slot wordt **in Duitsland** alleen in het dorp Ophoven aan het stroomafwaartse gedeelte van de Rur, dat al zo vatbaar was voor overstroomingen, **de toestand verergerd**.

## Conclusies en vooruitzichten

### Geharmoniseerde hydrologische gegevens en hydraulische modellen voor het hele stroomgebied

Dit rapport bespreekt de activiteiten rond hydraulische simulaties die in het kader van het project AMICE werden uitgevoerd. Die activiteiten behoren tot Actie 6 van Werkpakket 1 en maakten het mogelijk een **gemeenschappelijke methodiek voor hydraulische simulatie** te ontwikkelen en de **eerste gecoördineerde hydraulische simulatie van de Maas van bron tot monding** te verwezenlijken. Om de impact van klimaatveranderingen bij overstromingen in te schatten, werd de internationaal consistente hydraulische simulatie getest met de natte scenario's van AMICE zoals die bij Actie 3 waren overeengekomen:  $HQ_{100}+15\%$  voor de periode 2021-2050 en  $HQ_{100}+30\%$  voor 2050-2071.

### Een sterk ruimtelijk patroon in de gevoeligheid van de waterstanden met betrekking tot veranderingen in de rivierafvoer

De geharmoniseerde hydraulische simulaties die werden uitgevoerd, tonen aan dat de invloed van een dergelijke verandering in rivierafvoer op de toename van de waterdiepte ongeveer dubbel zo groot is in het centrale gedeelte van het stroomgebied als in de meer opwaartse en afwaartse delen. Die bevinding kan worden verklaard door de voornaamste kenmerken van het stroomgebied van de Maas: zowel de Franse bovenloop als het afwaartse gedeelte in Vlaanderen en Nederland worden gekenmerkt door relatief uitgestrekte overstromingsgebieden met een grote bergingscapaciteit, terwijl de valleien in het centrale gedeelte steiler en smaller zijn waardoor ook de bergingscapaciteit van de overstromingsgebieden beperkt is. Er wordt bijgevolg verwacht dat de waterstand van de rivier gevoeliger is voor de waterdiepte in het centrale gedeelte van het stroomgebied.

De simulatie benadrukte eveneens hoe **sommige secties door klimaatveranderingen sterk kunnen worden beïnvloed in termen van toename van de overstromde gebieden**, zoals de sectie tussen Andenne en Monsin in Wallonië.

### Mogelijke grote gevolgen op de geselecteerde kritieke plekken

Een analyse van de geselecteerde kritieke plekken in de verschillende landen wees ook het volgende uit:

- Ook als het water zich over een beperkte oppervlakte verspreidt, kunnen er ernstige gevolgen zijn wanneer belangrijke voorzieningen getroffen worden, zoals in Frankrijk.
- Bepaalde gebieden lijken goed beschermd te zijn tegen de huidige mogelijke overstromingen, namelijk in Wallonië, maar ze kunnen grotere schade ondervinden bij toenemende afvoer door klimaatveranderingen.

Titel	Hydraulische simulatie van de Maas Rapport WP1 – Actie 6
Auteurs	Detrembleur S., Dewals B., Fournier M., Becker B., Guilmin E., Moeskops S., Kufeld M., Archambeau P., de Keizer O., Pontegnie D., Huber N.P., Vanneuville W., Buiteveld H., Schüttrumpf H. en Piroton M.
Datum	2011-03-31
Hoofdpartner	EPAMA
Betrokken partners	ULg-HACH, EPAMA, RWTH, RWS, FHR
Werkpakket	1
Actie	6

### **AMICE** Adaptation of the Meuse to the Impacts of Climate Evolutions (aanpassing van de Maas aan de impact van klimaatveranderingen)

is een project van INTERREG IVB Noordwest-Europa (nummer 074C).

Klimaatveranderingen hebben een impact op het stroomgebied van de Maas met meer overstromingen en meer droogte tot gevolg. De rivierbeheerders en waterdeskundigen uit 4 landen van het stroomgebied slaan de handen ineen tijdens dit internationale project, gefinancierd door de EU, om een innovatief en duurzaam aanpassingsbeleid uit te werken. Het project loopt van 2009 tot 2012. Raadpleeg de volgende website voor meer informatie over dit project: [www.amice-project.eu](http://www.amice-project.eu)

### **Het Programma NWE INTERREG IV B**

Het Programma financiert innovatieve internationale acties die leiden tot een beter beheer van de natuurlijke middelen en risico's, de verbetering van de communicatiemiddelen en de versterking van de gemeenschappen in Noordwest-Europa.

Raadpleeg de volgende website voor meer informatie over dit programma: [www.nweurope.eu](http://www.nweurope.eu)

