

Analyse van de klimaatverandering, scenario's voor hoge en lage afvoer in het Maasbekken

WP1 samenvattend rapport – Acties 1 & 3



INLEIDING

De nood om gemeenschappelijke klimaat- en hydrologische scenario's op te stellen

Het AMICE-project biedt de kans gemeenschappelijke scenario's, instrumenten en methoden te gebruiken om maatregelen te evalueren en strategieën uit te werken die ten slotte vergelijkbaar zijn in verschillende landen. Het AMICE-project, dat 4 jaar zal duren, is verdeeld in 5 werkpakketten (zie Afbeelding 1 voor WP1).

AMICE		2009					2010					2011					2012					2013																																	
Action	Reference Partner	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
Workpackage 1 : Risk assessment																																																							
common database	Metz University	[red bar]																																																					
maps	Wallon region (GTI)	[red bar]																																																					
scenarios of climate change and hydrology	Metz University	[red bar]																																																					
hydraulic simulation of the Meuse	Liege University	[red bar]																																																					
impacts of future floods and low-flows	Aachen University	[red bar]																																																					
"climate-proof" of existing and new measures	Flanders Hydraulics	[red bar]																																																					
strategy of adaptation	Rijkswaterstaat	[red bar]																																																					
		<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></div> research <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></div> reporting <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></div> meeting <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></div> communication </div>																																																					

Afbeelding 1. AMICE-organisatie van WP1

De doelstellingen van Werkpakket 1 zijn bedoeld om in 9 acties te worden uitgevoerd. Het huidige rapport beschrijft nauwkeurig methoden en resultaten van acties 1 en 3 die in 2009 werden uitgevoerd onder toezicht van de Universiteit van Metz.

De doelstelling van **actie 1** is het delen van kennis over de huidige en toekomstige kenmerken van het hydrologisch gedrag van het Maasbekken door de organisatie van bestaande documenten in een online databank en, indien vereist, de vertaling ervan in het Engels, Frans, Nederlands of Duits.

Actie 3 is gewijd aan de studie van neergeschaalde klimaatsimulaties voor de periodes 2021-2050 en 2071-2100 en hun gevolgen wat betreft overstromingen en lage afvoer in het Maasbekken. Ze wil een antwoord op de volgende vragen bieden:

- Welke afvoeren kunnen verwacht worden op de Maas en de belangrijkste bijrivieren in overeenstemming met de voorspelde klimaaterevolutie?
- Hoe gaan de retourperiode, duur, omvang van overstromingen en lage afvoer veranderen van nu tot de periodes 2021-2050 en 2071-2100?

Conclusies van studies die eerder werden uitgevoerd door de Internationale Maascommissie wijzen op de risico's van een verhoogde frequentie van overstromingen in de winter (i.h.b. extreme gebeurtenissen) en de vermindering van lage afvoer in de zomer. De IMC houdt ook vast aan de nood om gemeenschappelijke scenario's overeen te komen om de coördinatie van beleidslijnen inzake waterbeheer te verbeteren.

De transnationale samenwerking binnen het AMICE-project zal resulteren in scenario's voor heel het bekken over klimaatverandering en rivierafvoer, gebruikt als input voor de adaptatiestrategie.

De analyse was gebaseerd op bestaande klimaatsimulaties van meteorologische instituten (Météo-France, KNMI, enz.), nationale en EU-onderzoeksprogramma's (PRUDENCE, ENSEMBLES, ADAPT, enz.), bibliografieën en interviews met gebruikers en experts die op bijeenkomsten werden uitgenodigd en omvat geen nieuwe productie of verwerving van klimaatsimulaties.

Dit rapport beschrijft de gemaakte hypothesen en de gebruikte kennis om de klimaat- en hydrologische scenario's van het Maasbekken te definiëren.

Het is uiterst belangrijk te benadrukken dat de AMICE-adaptatiestrategie zal beantwoorden aan twee scenario's – de meest geschikte die we konden vinden maar niet enige mogelijke – met hun veronderstellingen en onzekerheden. De scenario's geven weer wat er, waarschijnlijk, in het Maasbekken kan gebeuren.

HET MAASBEKKEN: een belangrijke verbinding tussen België, Frankrijk, Luxemburg en Nederland

Het Maasbekken is één van de dichtstbevolkte gebieden van West-Europa en een belangrijke geografische verbinding tussen België, Frankrijk, Duitsland, Luxemburg en Nederland. De vijf Europese landen werken sinds 2002 samen in de Internationale Maascommissie (IMC).

De rivier zelf is bevaarbaar en verschaft drinkwater aan meer dan 5 miljoen inwoners.

De voornaamste kenmerken van de Maas zijn:

- **Lengte van de rivier: 900 km**
- **Drainagegebied 35 000 km²**
- **Aantal inwoners: 9 miljoen**

De Maas stroomt van het zuiden naar het noorden. De bron ontspringt in Frankrijk op het Plateau de Langres (384 m boven de zeespiegel). Na 355 km langs vooral landbouwgebied en bossen, verlaat de Maas het Franse deelbekken (10 120 km²) en komt ze België binnen.

Ze loopt door de Ardennen in de provincie Namen waar de Lesse en de Samber in de stad Namen erin uitkomen en verder door de provincie Luik waar de Houyoux en de Ourthe erin uitkomen. De Maas verlaat Wallonië in Wezet. Na een bocht door Nederland via Maastricht, doet de rivier in de provincie Limburg dienst als grens tussen België en Nederland. Eén derde van het Maasbekken ligt in Wallonië, dat is ongeveer 12 000 km².

Wat de Duitse deelbekkens betreft zijn de Ruhr en de Niers de belangrijkste zijrivieren van de Maas en vertegenwoordigen respectievelijk 7% en 4% van het hydrografisch bekken. De Ruhr is de enige zijrivier die gecontroleerd kan worden door 6 reservoirs in totaal, met een opslagvolume van ongeveer 300 miljoen m³ in het stroomopwaartse deel van het afwateringsreservoir. De reservoirs worden gebruikt voor drinkwaterproductie, het verhogen van lage afvoer en het matigen van overstromingen. Bij het Niersbekken, als gevolg van een erg platte topografie stroomafwaarts, zijn maatregelen ter controle van overstromingen noodzakelijk. Waar retentie gebeurt, naast de natuurlijke vasthouden van water in de uiterwaarden, via gereguleerde opvangbekkens en dijken langs de rivieren voor kleine en middelgrote overstromingen.

Uiteindelijk stroomt de Maas Nederland binnen in Eijsden, ten zuiden van Maastricht. Het Nederlandse deel van het Maasbekken heeft een drainagegebied van 7 700 km². Er liggen verschillende steden naast of dichtbij de Maas, zoals Roermond, Venlo, Nijmegen en 's-Hertogenbosch. Van Eijsden tot Borgharen wordt de Maas 'Bovenmaas' genoemd. In Borgharen wordt het rivierwater van de Maas verdeeld over de 'Grensmaas', die de natuurlijke grens met België vormt, en het naastgelegen Julianakanaal dat werd uitgegraven voor de scheepvaart. Het water vervolgt zijn weg naar de Noordzee door de Bergsche Maas en de Nieuwe Waterweg en komt uiteindelijk samen met Rijn in de Rijn-Maasdelta. Hier wordt het waterniveau vooral bepaald door de getijden van de zee en in mindere mate door de bovenafvoer.

Het **klimaat** van het Maasbekken is semioceanisch in het Franse bekken, met regelmatige neerslag het jaar door (ongeveer 80 mm/maand) en maritiem en gematigd nat in België en Nederland als gevolg van de breedteligging en de nabijheid van de zee. Er is een gradiënt in neerslag, met de Ardennen die meer neerslag hebben dan de rest van het bekken. Het **hydrologische regime** van de Maas is unimodaal (slechts één periode met lage afvoer per jaar in de zomer en één periode met hoge afvoer in de winter). De afvoeren fluctueren afhankelijk van de seizoenen: ze bereikte 3000 m³/s in de winter van 1993 in Luik maar kan ook zo laag als 10-40 m³/s in het zomerseizoen zijn. Ze is geklasseerd als regenafhankelijke rivier, heeft geen gletsjer en weinig opslagcapaciteit voor grondwater als bescherming tegen neerslag.

Bijgevolg is ze uiterst gevoelig aan elke evolutie van het klimaat.

Negen meetstations geselecteerd in 4 landen voor hydrologische simulaties

Op afbeelding 2 worden de meetstations weergegeven die door de AMICE-partners werden geselecteerd voor de hydrologische simulaties:

- Vier stations zijn in het Franse deel van het Maasbekken gelegen: Saint-Mihiel, Stenay, Montcy-Notre-Dame, Chooz.
- Eén is gelegen op de Waals-Nederlandse grens: Sint Pieter.
- Er zijn vier stations gelegen aan de Waalse en Duitse zijrivieren aan de rechterkant: Gendron (Lesse), Chaudfontaine (Vesdre), Stah (Ruhr) en Goch (Niers).



Afbeelding 2. Voor hydrologische simulaties geselecteerde meetstations van het Maasbekken

Voor elk geselecteerd station werden hydrologische simulaties uitgevoerd om de evolutie in te schatten van hoge en lage afvoer in de 21^{ste} eeuw.

Naast een controleperiode (1971-200 of 1961-1990) werden twee referentieperioden gesimuleerd: **2021-2050 en 2071-2100**. De aanpassingsstrategie en kennis worden zowel voor de middellange termijn voorgesteld, die het meest bruikbaar is voor beleidsmakers die dringende aanpassingsmaatregelen dienen te definiëren, als voor lange termijnsituatie, waarvoor de klimaatrends meer uitgesproken zijn. Er werd een periode van 30 jaar gebruikt omdat gegevens meestal beschikbaar zijn voor een 30-jarige referentieperiode gezien de meeste meetstations voor debieten in de jaren '60 of '70 werden geïnstalleerd.

ANALYSE en SAMENVATTING VAN LITERATUUR over toekomstige klimaat- en hydrologische scenario's van het Maasbekken

Kennis delen door een Transnationale Online Referentiedatabank

De eerste actie van het AMICE-project bestond uit de implementatie van een instrument voor het delen van bibliografische referenties om kennis te bundelen. Dit instrument heet 'TORD' (Transnationale Online ReferentieDatabank). Elke partner kan referenties bekijken en toevoegen m.b.t. de Maas, klimaatverandering en andere onderwerpen die belangrijk zijn voor AMICE.

Er kunnen gegevens opgevraagd worden via sleutelwoorden, auteurs en uitgevers. Er zijn twee manieren voor gegevensbevraging mogelijk (snel & krachtig zoeken). Er werd ook een systeem van categorieën ontwikkeld, gebaseerd op de onderwerpen van het AMICE-project, om het opzoeken van referenties te verfijnen. Er werden 9 categorieën gecreëerd, met 45 subcategorieën. De eerste twee categorieën hebben betrekking op taal en geografische ligging. De zeven andere categorieën zijn optioneel en geven informatie over thematische onderwerpen. Dankzij dit systeem is het mogelijk de zoektocht naar bibliografische referenties te vereenvoudigen en een overzicht te hebben van de onderwerpen die het meest (en het minst) voorkomen in de AMICE 'TORD'.

Sinds december 2009 is de hosting en het beheer van de TORD in handen van EPAMA en de databank is nu toegankelijk op de officiële website van het AMICE-project (www.amice-project.eu/biblio). Begin 2010, acht maanden na de start, omvatte de AMICE TORD ongeveer 800 referenties en werden meer dan 1.000 auteurs geciteerd.

Een nood aan regionale studies over het Maasbekken bevestigd door de bibliografische analyse

Volgens dit voorbereidend werk zijn er hiaten in de kennis. De meest volledige studies over hoe de klimaatverandering de hydrologie van de Maas beïnvloed werd uitgevoerd door De Wit *et al.*¹ and Leander *et al.*². De conclusies van de paper hebben betrekking op de mogelijk hogere frequentie van extreme gebeurtenissen, zowel lage als hoge afvoer, en de nood om de verdere impact hiervan nauwkeurig te beschrijven.

In Frankrijk was er geen enkele studie die zich concentreerde op het Maasbekken, gezien de meeste onderzoeken op nationaal niveau worden uitgevoerd. Het Franse Ministerie van Milieu heeft het Maasbekken geselecteerd als één van de pilootbekkens voor studies over de impact van het klimaat.

In Duitsland werden geen studies uitgevoerd over de impact van de klimaatverandering op de waterbalans en de afvoer, voor het Ruhrbekken noch voor het Niersbekken.

Het AMICE-project zal bijgevolg nieuwe bevindingen en gedetailleerde informatie op regionale schaal over het Maasbekken verschaffen.

Downscaling van globale klimaatmodellen (GCMs) voor regionale simulaties

Voor het produceren van toekomstige antropogene klimaatsimulaties is de meest gebruikte methode die van de globale klimaatmodellen (GCM). GCM's kunnen de globale atmosferische omloop van de aarde, klimatologische forcing van de oceaan en interacties tussen oceaan en atmosfeer simuleren. Als gevolg van

¹ De Wit M.J.M., van den Hurk B., Warmerdam P.M.M., Torfs P.J.J.F., Roulin E., van Deursen W.P.A., (2007). Impact of climate change on low-flows in the River Meuse. *Climatic change*, 82, pp 351-372.

² Leander R., Buishand A., van den Hurk B.J.J.M., de With M.J.M., (2008). Estimated changes in flood quantiles of the river Meuse from resampling of regional climate model output. *Journal of hydrology*, 351, pp 331-343.

hun lage ruimtelijke en tijdelijke resoluties (rastermazen van honderden vierkante kilometers en dagelijkse tijdstap) is het niet mogelijk om deze voor hydrologische impactstudies te gebruiken die meestal op middelgrote schaal worden uitgevoerd 10 000 – 100 km² (i.h.b. voor hoge afvoer).

Numerieke regionalisatie (of downscaling) technieken werden ontworpen door modelmakers om regionale klimaatinformatie voort te brengen. De GCM's met hoge resolutie of het regionale klimaatmodel (RCM) dat in een GCM zit, kunnen worden gebruikt. Als gevolg van de ontoereikendheid tussen de output van RCM's en de waargenomen klimatologische rapporten, dienen postprocessingmethodes in de outputs van RCM's te worden geïmplementeerd.

Een nood aan nieuwe klimaat- en hydrologische scenario's voor het AMICE-project

Om een transnationaal klimaatscenario uit te werken werd een inventaris gemaakt van alle klimaatexperimenten die door de AMICE-partners gekend en gebruikt worden. Uit deze referentie-oefening werden de volgende conclusies getrokken:

- > Het gebrek aan aangepaste (i.e. zonder vooroordelen) klimaatsimulaties op het niveau van het Maasbekken;
- > De meeste klimaatsimulaties zijn enkel gericht op de periode na 2050;
- > Het bestaan van een grote onzekerheid in ensemble klimaatsimulaties;
- > Onvoldoende tijd om de afwijkingen uit ensemble klimaatsimulaties te halen (*bias correction*).

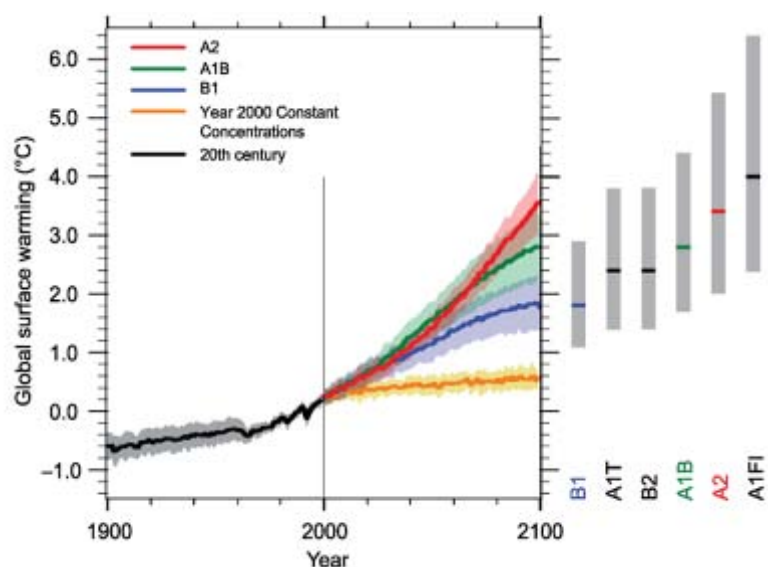
Net zoals bij de klimaatevolutie werd er een samenvatting gemaakt van de literatuur over de impact van klimaatverandering op de hydrologie van de Maas. Deze bibliografische analyse leidde tot de conclusie dat de bestaande nationale scenario's over het algemeen te heterogeen en te locatiespecifiek waren om op het niveau van het bekken te gebruiken en er werd gevraagd naar nieuwe klimaat- en hydrologische scenario's voor het AMICE-project. Hiervoor was de meest optimale en pragmatische oplossing voor het verkrijgen van een gemeenschappelijk transnationaal klimaatscenario **de 'delta change'-aanpak** voor de bestaande nationale klimaatscenario's.

De selectie van twee scenario's om rekening te houden met onzekerheden

De broeikasgasemissiescenario's (BKG) die vaak gebruikt worden in klimaatveranderingsstudies werden sinds 1996 ontwikkeld door het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) en werden in het Special Report on Emission Scenarios (SRES) beschreven. Voor elke groep scenario's werd één referentiescenario door het IPCC geselecteerd (A1B, A2, B1 en B2 – zie Afbeelding 3). Deze scenario's worden het meest gebruikt voor GCM-simulatie en voor studies over de impact van klimaatverandering.

Voor AMICE **worden twee scenario's gebruikt: een droog scenario en een nat scenario** gebaseerd op A2 en A1B. De A1B en A2-emissiescenario's zijn respectievelijk een doorsnee scenario en een pessimistisch scenario. Bijgevolg tonen de impactstudies van AMICE een grote variatie in luchttemperatuur en neerslag om rekening te houden met onzekerheden in de economische en demografische evolutie.

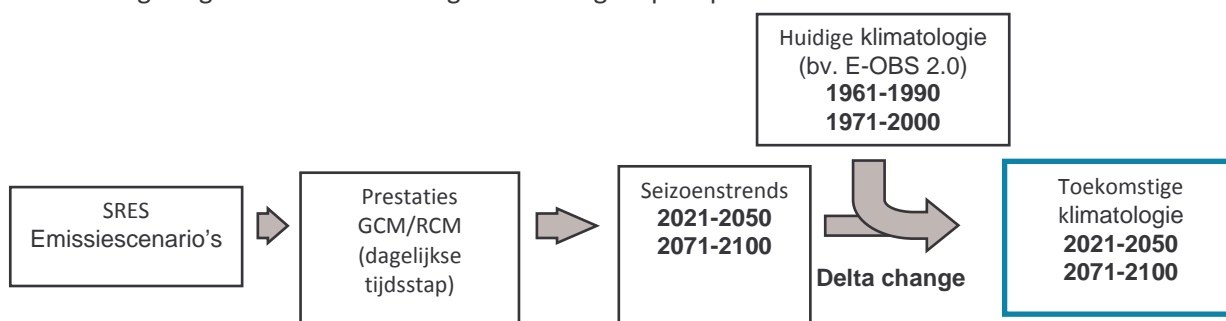
Afbeelding 3. Evolutie van de opwarming van het aardoppervlak in de 21^{ste} eeuw voor verschillende emissiescenario's (IPCC, 2001).



PRODUCTIE VAN TOEKOMSTIGE EMISSIESCENARIO'S

De 'delta change'-aanpak: de huidige klimatologie aandrijven met toekomstige antropogene scenario's om toekomstige klimatologie te simuleren

De 'delta change'-aanpak (afbeelding 4) is de methode die geselecteerd is door de AMICE-partners voor het produceren van klimaatscenario's met tijdseries in hoge resolutie. Seizoenstrends (Δ in % voor veranderende neerslag en Δ in °C voor veranderende luchttemperatuur in de winter, lente, zomer en herfst) werden verschaft door nationale meteorologische instituten voor de periodes 2021-2050 en 2071-2100 gebaseerd op GCM/RCM-simulaties aangedreven door IPCC-emissiescenario's. De seizoenstrends werden vervolgens gebruikt om de huidige klimatologie op de periodes 1961-1990 of 1971-2000 te simuleren.



Afbeelding 4. De 'delta change'-aanpak

Deze postprocessingmethode werd geïmplementeerd om één nat en één droog klimaatscenario uit te werken voor elke periode en voor elk nationaal deelbekken.

De partners gebruikten specifieke numerieke experimenten om de seizoenstrends voor het natte en het droge scenario af te leiden:

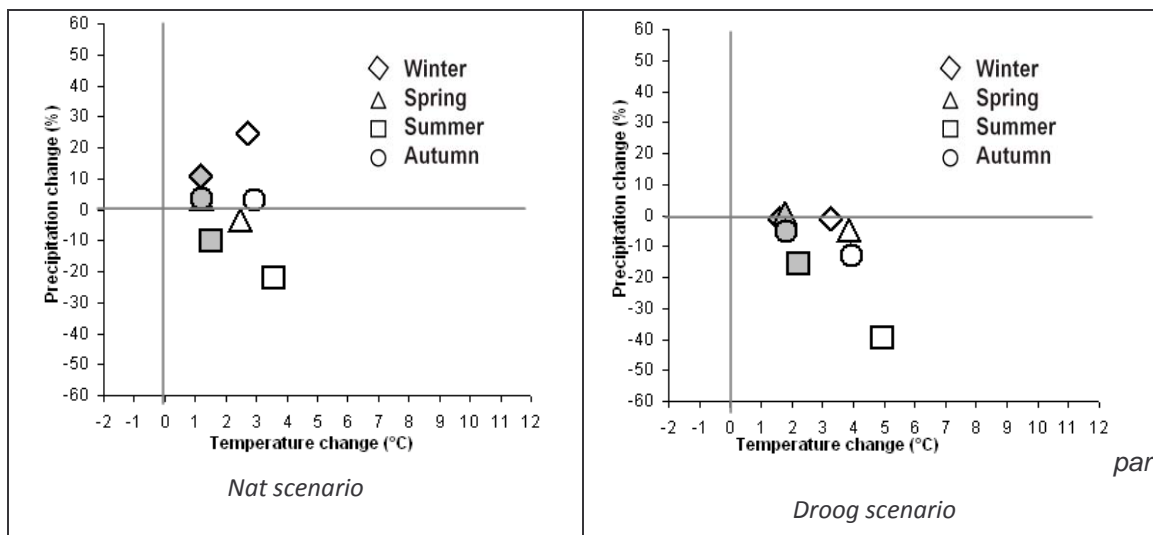
- Voor Frankrijk, ARPEGE-Climat A1B- en A2-simulaties,
- Voor Wallonië en Vlaanderen, CCI-HYDR perturbatie-instrument,
- Voor Duitsland, WETTREG voor het natte scenario en CLM voor het droge scenario,
- Voor Nederland, het EU Prudence project.

De nationale scenario's samenvoegen voor het uitwerken van een transnationaal scenario

Seizoenstrends die verkregen werden met de 'delta change'-aanpak voor elk nationaal deelbekken vertoonden belangrijke heterogeniteiten. Om de consistentie van afvoeren stroomafwaarts te behouden, in het bijzonder aan de grenzen, werd een transnationaal scenario uitgewerkt door de nationale trends af te wegen volgens het drainagegebied van elk deelbekken (zie Tabel 1). De resultaten worden in Afbeelding 5 getoond.

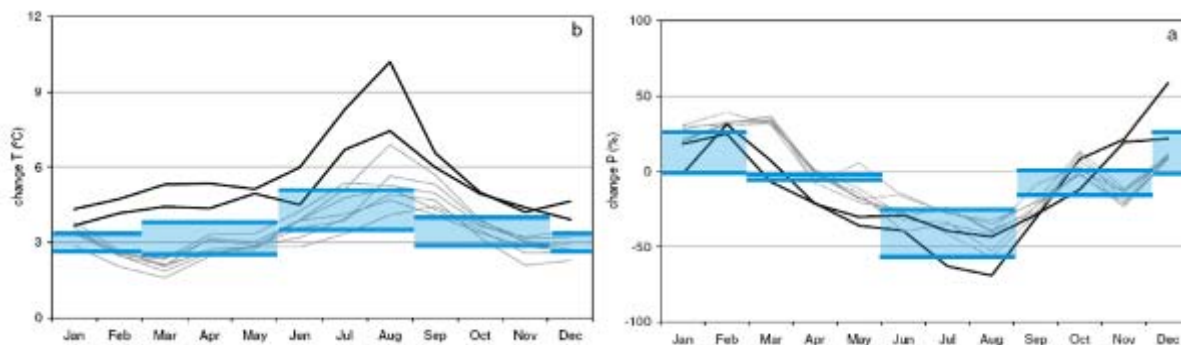
	Drainagegebied (km ²)	Wegingscoëfficiënt
Frankrijk	10 120	0,31
Wallonië	10 880	0,33
Vlaanderen & Nederland	8 662	0,26
Duitsland	3 338	0,10
Transnationale Maas	33 000	1,0

Tabel 1. Wegingscoëfficiënten gebruikt om transnationale seizoenstrends te creëren



Afbeelding 5. Seizoenstrends in neerslag (%) en luchttemperatuur (°C) voor de transnationale klimaatscenario's en voor de twee periodes (grijs: 2021-2050 - wit: 2071-2100)

Om de consistentie van de gebruikte methodologie te controleren, werden de waarden van het AMICE-project vergeleken met de RCM-simulaties (Regional Climate Model) van het EU PRUDENCE-project, een onderzoek op Europees niveau over de regionalisatie van klimaatmodellen dat uitgevoerd werd net vóór het AMICE-project. Beide resultaten komen dicht bij elkaar in de buurt, wat de gebruikte methodologie bekrachtigd (zie afbeelding 6).



Afbeelding 6. AMICE transnationale natte en droge scenario's (blauwe bandbreedten) vs. de PRUDENCE RCM-simulaties (zwarte en grijze curves) - (bron: De Wit et al., 2007)

PRODUCTIE VAN TOEKOMSTIGE HYDROLOGISCHE SCENARIO'S

Nationale hydrologische modellen om rivieruitstromingen te berekenen

Voor de hydrologische simulaties heeft elke partner zijn eigen neerslagafvoermodel gebruikt:

- In Frankrijk hebben de EPAMA en de Universiteit van Metz de AGYR- en de GR4J-modellen gebruikt;
- In Wallonië heeft ULg - Gembloux Agro-Bio Tech het EPIC-Grid-model gebruikt;
- In het Vlaamse deel van België heeft Flanders Hydraulics Research het Nederlandse HBV-model en MIKE11 Maas gebruikt;
- In Nederland heeft de Rijkswaterstaat het HBV-model gebruikt;
- In Duitsland heeft de RWTH de NASIM- en GR4J-modellen gebruikt.

Hoewel verschillend van opzet, gebruiken deze modellen meestal dezelfde inputgegevens over het klimaat (luchttemperatuur, potentiële evapotranspiratie en neerslag). Sommigen vereisen kenmerken van het bekken en de rivier (helling, landbedekking, percentage afgesloten oppervlak...) om de rivierafvoer te berekenen.

Een gemeenschappelijke keuze variabelen om hoge en lage afvoer te beschrijven

Om de doelstellingen van WP1 te bereiken, beslisten de partners om aan een set gemeenschappelijke hydrologische impactvariabelen (HIV) te werken.

Voor lage afvoer is de enige geselecteerde variabele MAM7 (minimale jaarlijkse debiet over 7 dagen) tussen april en september. Deze werd voor verschillende retourperiodes berekend: 2-5-10-25-50 jaar. Voor hoge afvoer werden twee gemeenschappelijke variabelen geselecteerd: Qdx (jaarlijkse dagelijkse maximale winterafvoer) en Qhx (jaarlijkse maximale winterafvoer per uur). De corresponderende retourperiodes zijn 2-5-10-25-50-100 (+250-1250 voor stroomafwaarts) jaar. De resultaten van de simulaties die bij het AMICE-project werden uitgevoerd, worden weergegeven voor terugkeerperiode van 100 jaar en worden bijgevolg als Qdx₁₀₀ en Qhx₁₀₀ geschreven.

Statistische distributiefuncties toepassen om retourperiodes van extreme uitstromingen te evalueren

Om de waarden van de afvoeren te definiëren voor de verschillende retourperiodes dient er een statistische distributie te worden uitgevoerd op de waargenomen en gesimuleerde debietseries.

De selectie van de jaarlijkse maximale afvoeren is de meest gebruikte methode om kwantielen van hoge debieten te evalueren. Eens deze debieten geselecteerd, wordt een statistische distributie uitgevoerd op de set waargenomen of gesimuleerde jaarlijkse maximale afvoerseries. Voor het AMICE-project werden de parameters van de theoretische statistische distributies geschat volgens de methode van de "maximum likelihood". Er werden verschillende theoretische statistische distributies (Gumbel, Weibull, etc.) gebruikt om de kwantielen te berekenen van de jaarlijkse maximale winterafvoer per uur (Qhx₁₀₀) en de Log-normal- of Weibull/Gamma-distributies voor de minimale zomerafvoerreeksen (MAM7). Voor elk meetstation werd de selectie van de theoretische statistische distributies gemaakt op basis van de correlaties tussen de waargenomen en de berekende kwantielen.

Om de mogelijke evolutie van de toekomstige gevolgen van klimaatverandering van de hoge en lage afvoer van de Maas te kenmerken werd een klimaatsveranderingsfactor berekend bij de 9 voornoemde meetstations voor:

- de twee periodes: 2021-2050 en 2071-2100;
- de transnationale natte en droge klimaatscenario's;
- de nationale klimaatscenario's.

De klimaatsveranderingsfactor is gedefinieerd als: $Q_{gesimuleerd (scenario)} / Q_{gesimuleerd (huidig klimaat)}$. Bijgevolg betekent een waarde groter dan 1 een verhoging van de huidige afvoer, terwijl een waarde onder 1 een vermindering van het huidige debiet betekent.

Tabel 2 toont de waarden van de klimaatveranderingsfactor die verkregen werd voor de 9 geselecteerde deelbekkens van de Maas. De waarden worden samengevat voor de transnationale (i.e. Frankrijk, België, Duitsland en Nederland) scenario's voor de twee belangrijkste impactvariabelen: $Q_{hx_{100}}$ voor hoge afvoer en MAM7 voor lage afvoer.

		Maas St- Mihiel	Maas Stenay	Maas Montcy	Maas Chooz	Maas Sint- Pieter	Lesse Gendron	Vesder Chaudfontaine	Ruhr Stah	Niers Goch
MAM7	2021- 2050	0,79 0,61	0,73 0,64	0,88 0,75	0,88 0,74	0,82 0,65	1,00 0,83	1,17 0,93	0,68 0,56	0,84 0,63
	2071- 2100	0,60 0,43	0,50 0,47	0,71 0,52	0,65 0,52	0,60 0,33	0,96 0,57	1,10 0,67	0,71 0,36	0,60 0,27
$Q_{hx_{100}}$	2021- 2050	1,12 0,96	1,12 0,96	1,12 0,96	1,12 0,96	1,14 0,95	1,19 0,98	1,08 0,90	1,02 0,88	1,11 0,89
	2071- 2100	1,27 0,89	1,27 0,89	1,27 0,89	1,27 0,89	1,33 0,91	1,55 0,90	1,27 0,81	1,10 0,61	1,24 0,71

Tabel 2. Klimaatveranderingsfactoren verkregen voor de minimale jaarlijkse debieten over 7 dagen (MAM7) en de winterse overstromingspiek per uur iedere honderd jaar ($Q_{hx_{100}}$), nat en droog klimaatscenario.

Een verwachte verhoging van de maximale debieten in het natte scenario

Voor het transnationale klimaatscenario is de verandering van de maximale uitstroming logisch homogeen in het hele bekken. Een verhoging van de afvoer wordt verwacht in het natte scenario en een vermindering voor het droge scenario. Deze trends zijn meer uitgesproken voor het einde van de eeuw.

Ernstigere lage afvoeren verwacht, ongeacht het emissiescenario

Er werden ook klimaatveranderingsfactoren berekend, gebaseerd op de minimale jaarlijkse debiet over 7 dagen (MAM7): de minimale uitstroming is geneigd af te nemen voor zowel het natte als het droge scenario, uitgezonderd in het Waalse deel van de Maas waar een lichte stijging voor het natte scenario werd berekend. De trends worden meer uitgesproken voor de tweede simulatieperiode (2071-2100).

Een blijvend hiaat in de kennis van extreme neerslag op kleine bekkens

Eén van de grootste gebreken van het AMICE-project is de studie van extreme neerslag op kleine bekkens. Extreme neerslag geconcentreerd in kleine gebieden kan tot verwoestende modderstromen leiden, wat plaatselijk veel schade kan veroorzaken. In tegenstelling tot grote overstromingen die vooral in de winter plaatsvinden, kan extreme neerslag heel het jaar door voorkomen.

Gezien dit fenomeen erg complex is om te begrijpen en te simuleren, kan er met de huidige kennis enkel worden gesteld dat de frequentie van extreme neerslag de volgende eeuw kan stijgen.

TOEKOMSTIGE HYDROLOGISCHE SCENARIO'S BEPALEN

Een verhoging van de afvoer in de winter – Een vermindering van de debieten in de zomer

De AMICE-partners kwamen op 11 maart 2010 samen in de Universiteit van Metz om de resultaten te bespreken en deze voor te leggen aan een panel van *stakeholders* voor het Maasbekken.

Gebaseerd op de resultaten van tabel 2 en op de representativiteit van de zijrivieren van de Maas werden experts geraadpleegd om hydrologische scenario's te definiëren die toepasbaar zijn op het volledige Maasbekken. De AMICE-partners bepaalden uiteindelijk enkel de meest extreme hydrologische scenario's. Deze werden afgeleid uit de transnationale natte klimaatscenario's voor hoge afvoer en de transnationale droge klimaatscenario's voor lage afvoer.

Die extreme hydrologische scenario's luiden als volgt:

- Een stijging van de **Q_{hx100}-waarden** met **+15% voor 2021-2050** en **+30% voor 2071-2100**
- Een daling van de **MAM7-waarden** met **-10% voor 2021-2050** en **-40% voor 2071-2100**

Deze hydrologische scenario's zullen gebruikt worden door partners die betrokken zijn bij de volgende acties, in het bijzonder acties die betrekking hebben op hydraulische modellering (Actie 6) waarmee reeds werd gestart en die worden gecoördineerd door de Universiteit van Luik (ULg-HACH).

Om de resultaten die bekomen worden via het AMICE-project te bekrachtigen, zijn de partners het eens geworden over de nood klimaatscenario's te vergelijken met het resultaat van het EU FP6 project ENSEMBLES, dat tot doelstelling had de onzekerheid bij langetermijnvoorspellingen te beperken.

Titel	Analyse van de klimaatverandering, scenario's voor hoge en lage afvoer in het Maasbekken WP1 rapport – Actie 3
Auteurs	Drogue G., Fournier M., Bauwens A., Buiteveld H., Commeaux F., Degré A., De Keizer O., Detrembleur S., Dewals B., François D., Guilmin E., Hausmann B., Hissel F., Huber N., Lebaut S., Losson B., Kufeld M., Nacken H., Piroton M., Pontégnie D., Sohier C., Vanneuville W.
Datum	2010-06-07
Hoofdpartner	EPAMA
Betrokken partners	UPVM, CETMEF, FHR, RWTH, RWS, ULg-HACH, ULg-Gx-ABT
Werkpakket	1
Actie	3

AMICE Adaptation of the Meuse to the Impacts of Climate Evolutions

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

De klimaatverandering heeft een impact op de Maas door meer overstromingen en droogte te creëren. De rivierbeheerders en waterexperts van 4 landen van het bekken bundelen de krachten in dit transnationaal project dat door de EU gesubsidieerd wordt om een innoverende en duurzame aanpassingsstrategie te ontwikkelen. Het project duurt van 2009 tot 2012. Meer weten over dit project? Ga naar: www.amice-project.eu

Het NWE INTERREG IV B-programma

Het programma financiert innoverende transnationale acties die leiden tot een beter beheer van natuurlijke hulpbronnen en risico's, ter verbetering van de communicatiemiddelen en de versterking van de gemeenschappen in Noordwest-Europa.

Meer weten over dit project? Ga naar: www.nweurope.eu

