

Lage afvoeren in de Maas

Bijdrage zijrivieren



*Inzicht waar het water van
de Maas vandaan komt*

Colofon

Opdrachtgever	RIWA-Maas (in samenwerking met drinkwaterbedrijven Dunea, Evides, WML en Rijkswaterstaat Zuid-Nederland)
Contactpersoon	M. van der Ploeg (RIWA-Maas)
Auteur	N. Kramer (Deltares)
Controle	B. Becker (Deltares)
Stuurgroep	A. Jaskula (RWS) P. van Diepenbeek (WML) M. van der Ploeg (RIWA-Maas) A. Wessel (Evides) G. Zwolsman (Dunea)
Akkoord	G. Blom (Deltares)
Referenties	Opdrachtverstrekking Research Project: Low river discharge of the Meuse, 21.09.2020
Vormgeving	Make My Day, Wormer
Fotografie	Shutterstock.com Digital Work (Shutterstock.com) Frans Blok (Shutterstock.com) Claudine Van Massenhove (Shutterstock.com) Hpb fotos (Adobe Stock)
Infografieken	Studio Ilva, Angeren
ISBN/EAN	9789083075945
Publicatiedatum	november 2021

Samenvatting

De rivier de Maas dient vele gebruikers; zoals scheepvaart, industrie, energievoorziening, natuur, landbouw en recreatie. Ook voor drinkwatervoorziening is de Maas belangrijk: 7 miljoen mensen in Nederland en België krijgen drinkwater geleverd dat bereid is met water uit de Maas. Om de levering van drinkwater veilig te kunnen stellen is voldoende water van goede kwaliteit nodig. Dit uitgangspunt komt onder druk te staan bij langdurige droogte. Naar verwachting zullen door klimaatverandering laagwaterperiodes in de toekomst vaker en heviger gaan voorkomen. Het is daarom van belang om goed inzicht te hebben in de huidige en toekomstige waterhoeveelheden gecombineerd met het huidige en toekomstige gebruik. Binnen deze studie wordt de oorsprong van het Maaswater tijdens lage afvoerperiodes onderzocht.

De Maasafvoer is opgebouwd uit de afvoer van verschillende zijrivieren. Om beter inzicht te krijgen in de vraag waar het water van de Maas vandaan komt bij lage rivierafvoeren, is voor deze studie een 23-jarige (1998-2020) dataset opgezet met daarin 18 belangrijke zijrivieren, 2 onttrekkingen (Albertkanaal en Zuid-Willemsvaart) en 5 meetstations in de hoofdstroom van de Maas. De dataset is gevalideerd en waar nodig opgevuld om een goede werkbare dataset te krijgen.

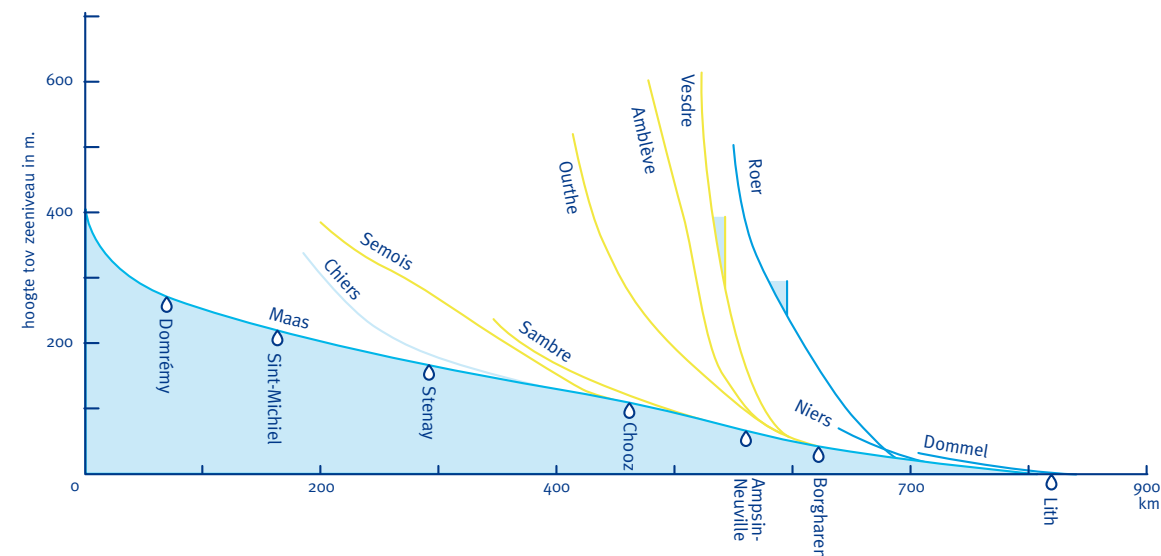
Op basis van literatuur en de verkregen dataset kan het stroomgebied van de Maas worden opgedeeld in vier gebieden:

- **Boven:** het bovengebied van de Maas bevat het stroomgebied bovenstrooms van Stenay, de Chiers en de Bar. Vanwege het bufferend vermogen van de ondergrond, leveren deze zijrivieren tijdens laagwater een relatief grote bijdrage aan de afvoer van de Maas. Tijdens laagwater is de bijdrage circa 25%, wat overeenkomt met het oppervlakte circa 6500 km² (26,5% van het bemeten stroomgebied) bedraagt.
- **Ardennen:** In de Ardennen liggen de zijrivieren Semois, Viroin, Houile, Hermeton, Lesse, Sambre, Ourthe, Ambleve en Vesdre. Het gebied beslaat een oppervlakte van circa 10.000 km² (40%). De slechte doorlatendheid van de ondergrond in het stroomgebied en het grote verhang dragen bij aan een snelle afvoer van de gevallen neerslag. De bijdrage van dit gebied aan hoogwatergolven is daarom groot, de bijdrage aan lage afvoeren relatief gering. Toch is de afvoer in de zomer van dit gebied niet verwaarloosbaar. Zelfs in de zomer van 2020, de vierde droge zomer op rij, was de bijdrage van dit gebied aan de Maasafvoer toch nog 32%. De grootste bijdrage wordt hier geleverd door de Sambre, welke een groot stuwmeer bovenstrooms bevat, welke mede voor de scheepvaart tijdens laagwater wordt ingezet.
- **Midden:** De middenloop bevat de zijrivieren Molinee, Bocq, Hoyoux, Mehaigne, Jeker, Geul en Geleenbeek. De rivieren zijn gelegen in een vlak gebied met doorlaatbare bodem. Het gebied beslaat een oppervlakte van circa 1900 km² (8%). De bijdrage van dit gebied aan de totaalafvoer van de Maas is relatief laag (9 tot 13%), echter vrij constant. Hierdoor dragen deze zijrivieren tijdens laagwater relatief meer bij dan tijdens hoogwaterperiodes.
- **Beneden:** Dit gebied beslaat zo'n 26% van het bemeten stroomgebied van de Maas. De belangrijkste zijrivieren zijn Roer, Swalm, Niers en Dieze. Net als in het gebied "Midden" dragen de Roer, Swalm en Niers tijdens laagwater relatief gezien meer bij aan de Maasafvoer (circa 20%) dan tijdens hoogwater (circa 15%). Dit kan mede verklaard worden door de bovenstroomse stuwmeren, bodemopbouw en topografie.

De herkomst van het Maaswater tijdens lage afvoer



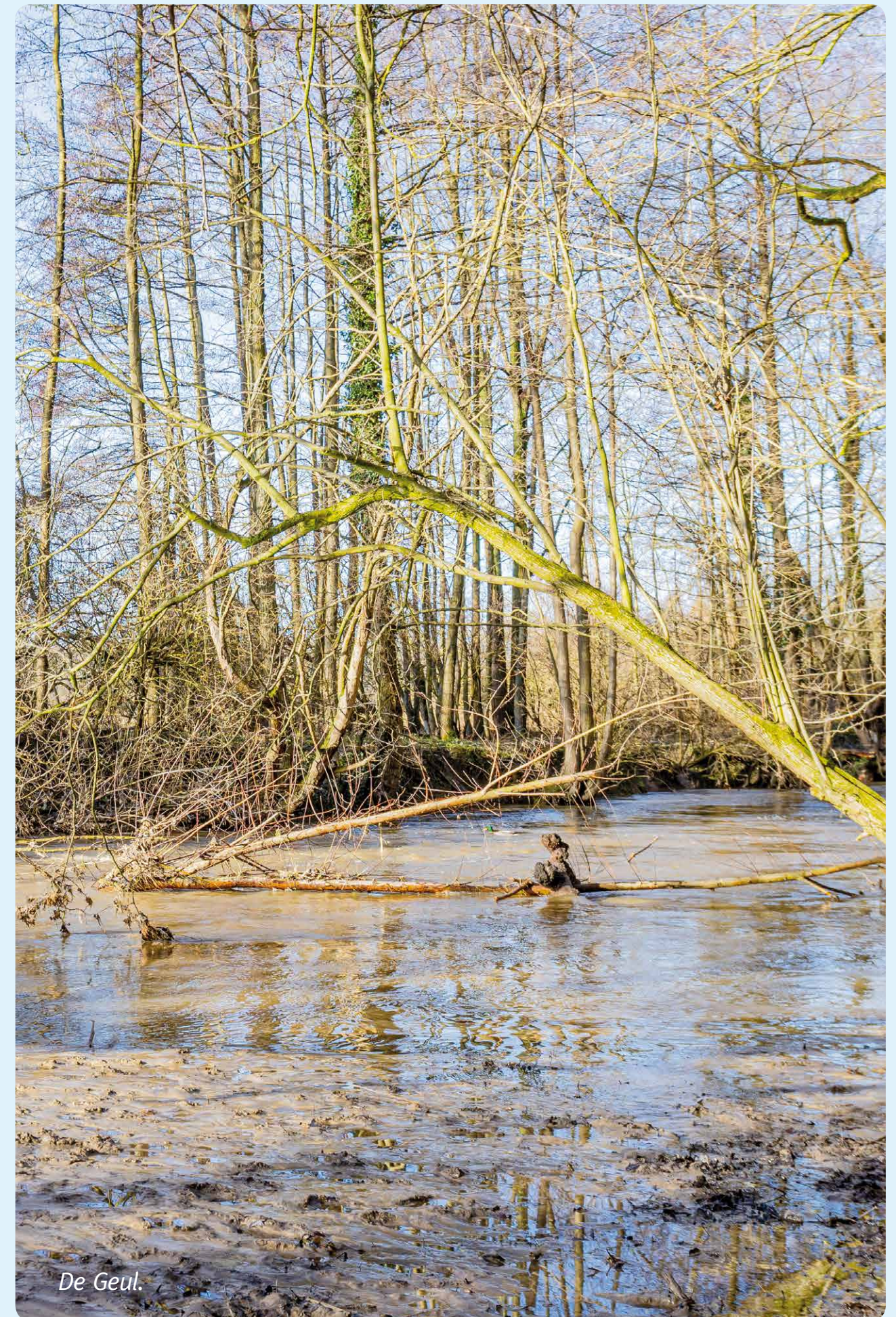
De afvoer van de Dieze reageert sterker op droge periodes dan de overige zijrivieren in dit gebied. Deze afvoer is mede afhankelijk van de afvoer van de Zuid-Willemsvaart en RWZI's.



Wat betreft de bijdrage van individuele zijrivieren aan de totale afvoer van de Maas, kan het volgende worden geconcludeerd. Tijdens droge zomers wordt de grootste bijdrage geleverd door de Maas te Stenay (8-14%), de Chiers (9-16%), de Sambre (9-12%) en de Roer (12-16%), zie tabel op pagina 4 en 5. Opmerkelijk is de sterk variërende bijdrage van de Dieze, van klein (4-5% in 2003 en 2018-2020) tot groot (10% in 2017 en zelfs 17% in 2011). De hoge bijdrage in 2011 kan hier verklaard worden door lokale hoosbuien in de maand augustus. Verder neemt de afvoer afkomstig uit de Ardennen (Lesse, Ourthe, Amblève en Vesdre) in natte zomers aanzienlijk toe, dit komt door het snel reagerende vermogen van deze stroomgebieden.

Uit analyses van de datareeksen komen grove patronen naar voren wanneer we kijken naar de bijdrage van de zijrivieren tijdens hoog- en laagwater. Echter, toch is elke laagwaterperiode weer anders. De afvoer wordt dan ook mede beïnvloed door de neerslag die lokaal valt en de buffer in de bodem, welke weer afhankelijk is de historische neerslag (geheugenfunctie). De hoeveelheid neerslag is niet te beïnvloeden. Echter, wat wel beïnvloedbaar is, zijn sturingsmogelijkheden in het gebied. Daarbij kan men denken aan het stuwbeheer van de Roer en de Sambre, de onttrekkingen van de kanalen en andere gebruikers, maar ook het grootschalig grondwaterbeheer, dat in het Benedengebied door de bruinkoolmijnbouw wordt beïnvloed.

Het “geheugen” van de Maas kon in deze studie niet goed in beeld gebracht worden. Er zijn wel aanwijzingen dat die geheugenfunctie belangrijk is. Zo is het frappant om waar te nemen dat de bijdrage van de meeste zijrivieren aan de afvoer van de Maas in de zomer van 2019 en 2020 relatief laag was. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de watervoerende ondergrond onvoldoende hersteld waren na drie droge jaren op rij. Om nog duidelijkere patronen te herkennen en het geheugen van de Maas te kunnen testen, zou aanvullend neerslagdata en grondwaterstanden in het stroomgebied gebruikt kunnen worden.



Inhoud

1 Inleiding 1.1 Aanleiding en onderzoeksvragen 11 1.2 Aanpak en leeswijzer 11	2 Hydrologische karakteristieken van de Maas op basis van literatuur 2.1 Algemeen 14 2.2 Indeling in vier gebieden 14 2.3 Zijrivieren 18 2.4 Kenmerken zijrivieren 18 2.5 Stuwmeren en mijnbouw 18 2.6 "Geheugen" van de Maas 23	3 Tijdreeksen 3.1 Data verzamelen, controle en opvullen 26 3.2 Volumebalans tijdreeksen 27	4 Analyse tijdreeks hoofdstroom Maas 4.1 Afvoerregime 32 4.2 Historische droge en natte zomers 33	5 Analyse tijdreeks per gebied en zijrivier 5.1 Bijdrage van de vier gebieden 36 5.2 Afvoerregime 38 5.3 Bijdrage zijrivieren scatterplot 41 5.4 Bijdrage zijrivieren zomerafvoer 44 5.5 Bijdrage zijrivieren taartdiagram Keizerveer 49 5.6 Bijdrage zijrivieren taartdiagram Heel en Monsin 53	6 Conclusies en aanbevelingen 6.1 Conclusies 60 6.2 Aanbevelingen 61	7 Literatuur 63	A Beschrijving, datareeksen en correctie A.1 Maas Stenay 68 A.2 Chiers 69 A.3 Bar 71 A.4 Semois 71 A.5 Viroin 72 A.6 Chooz Maas 73 A.7 Houille, Hermeton, Molinee, Bocq, Samson en Hoyoux 74 A.8 Lesse 77 A.9 Sambre 78 A.10 Ourthe tot Tabreux 79 A.11 Ambleve 80 A.12 De Vesdre 81 A.13 Monsin 82 A.14 Albertkanaal te Kanne 83 A.15 Maas te Eijsden 85 A.16 Jeker 86 A.17 Mehaigne 87 A.18 Zuid-Willemsvaart 88 A.19 Geul 89 A.20 Geleenbeek te Roosteren 90 A.21 Roer 92 A.22 Swalm te Rijksweg 94 A.23 Niers te Kessel 96 A.24 Dieze te Engelen 99
---	--	--	---	--	--	---	---

1

Inleiding

De Ourthe.

1.1 Aanleiding en onderzoeksvragen

De Maas ontspringt in Frankrijk en stroomt door België en Nederland naar zee. Onderweg wordt de Maas gevoed door vele zijrivieren en -riviertjes uit Frankrijk, Wallonië, Luxemburg, Duitsland, Vlaanderen en Nederland. Voordat het Maaswater de Noordzee instroomt, dient het water vele gebruikers; zoals scheepvaart, industrie, energievoorziening, natuur, landbouw en recreatie. Ook voor drinkwatervoorziening is de Maas belangrijk: 7 miljoen mensen in Nederland en België krijgen drinkwater geleverd dat bereid is met water uit de Maas. Om de levering van drinkwater veilig te kunnen stellen is voldoende water van goede kwaliteit nodig. Dit uitgangspunt komt onder druk te staan bij langdurige droogte. Niet alleen omdat er door een verminderde beschikbaarheid en een toenemende vraag waterschaarste ontstaat, maar ook omdat er dan minder verdunning is van verontreinigingen. Bij een lozingsincident spoelen probleemstoffen ook minder goed weg. Naar verwachting zullen door klimaatverandering laagwaterperiodes in de toekomst vaker en heviger gaan voorkomen. Het is daarom van belang om goed inzicht te hebben in de huidige en toekomstige waterhoeveelheden gecombineerd met het huidige en toekomstig gebruik.

De Maasafvoer is opgebouwd uit de afvoer van verschillende zijrivieren. Om beter inzicht te krijgen in de vraag waar het water van de Maas vandaan komt bij lage rivierafvoeren, hebben RIWA-Maas en Deltares de periode van een lage Maasafvoer (zomer 2018 en 2019) nader onderzocht (Bouaziz, 2020 en RIWA-Maas, 2019). Hieruit bleek dat in augustus 2018 zowel de Sambre uit Wallonië als de Roer uit Duitsland een relatief grote bijdrage leverden aan de afvoer van de Maas. RIWA-Maas wil nu ook graag weten wat de bijdrage is van de zijrivieren in andere droge jaren en hoe zich dit verhoudt tot natte jaren.

De centrale onderzoeksvragen zijn:

- Wat is de bijdrage van de instroom van elke zijrivier van de Maas aan de totale afvoer?
- Draagt elke zijrivier met vergelijkbare percentages bij in verschillende droge jaren? Zijn de laagwater scenario's anders, of is er een patroon in te herkennen?

1.2 Aanpak en leeswijzer

Binnen dit rapport wordt in hoofdstuk 2 eerst ingegaan op algemene karakteristieken van de Maas. Deze informatie is verzameld op basis van literatuurstudie. Hoofdstuk 3 gaat in op het verzamelen van de data en de data analyse. Binnen dit rapport zijn 24 tijdreeksen voor belangrijke meetstations in de Maas verzameld voor de jaren 1998-2020. Er wordt hier onder andere ingegaan op het identificeren van gaten en uitbijters en het opvullen van de data.. In hoofdstuk 4 en 5 worden de verkregen datareeksen geanalyseerd om inzicht in de bijdrages van de verschillende zijrivieren aan de totale Maasafvoer te krijgen. Afgesloten wordt met conclusies en aanbevelingen.

2

Hydrologische karakteristieken van de Maas op basis van literatuur

2.1 Algemeen

De Maas is een regenrivier. Er zijn geen gletsjers of grote meren die als (kom)berging dienen en voor een min of meer gelijkmatige afvoer zorgen. Als het in de Ardennen hard regent, stroomt de neerslag over de steile slecht doorlatende ondergrond snel naar de rivier. Een dag later kan de afvoerpiek al in Nederland zijn. Als het een tijd niet regent en er wel veel verdamping is, voert de Maas soms bijna geen water af. De Maas heeft dan ook een grillig afvoerpatroon en de verschillen tussen hoge en lage afvoeren zijn groot. Bij Luik bedraagt de laagst gemeten daggemiddelde afvoer slechts 20 m³/s (1976) en de hoogst gemeten afvoer wel 3.000 m³/s (1993) (Verhaal van de Maas, 2019).

2.2 Indeling in vier gebieden

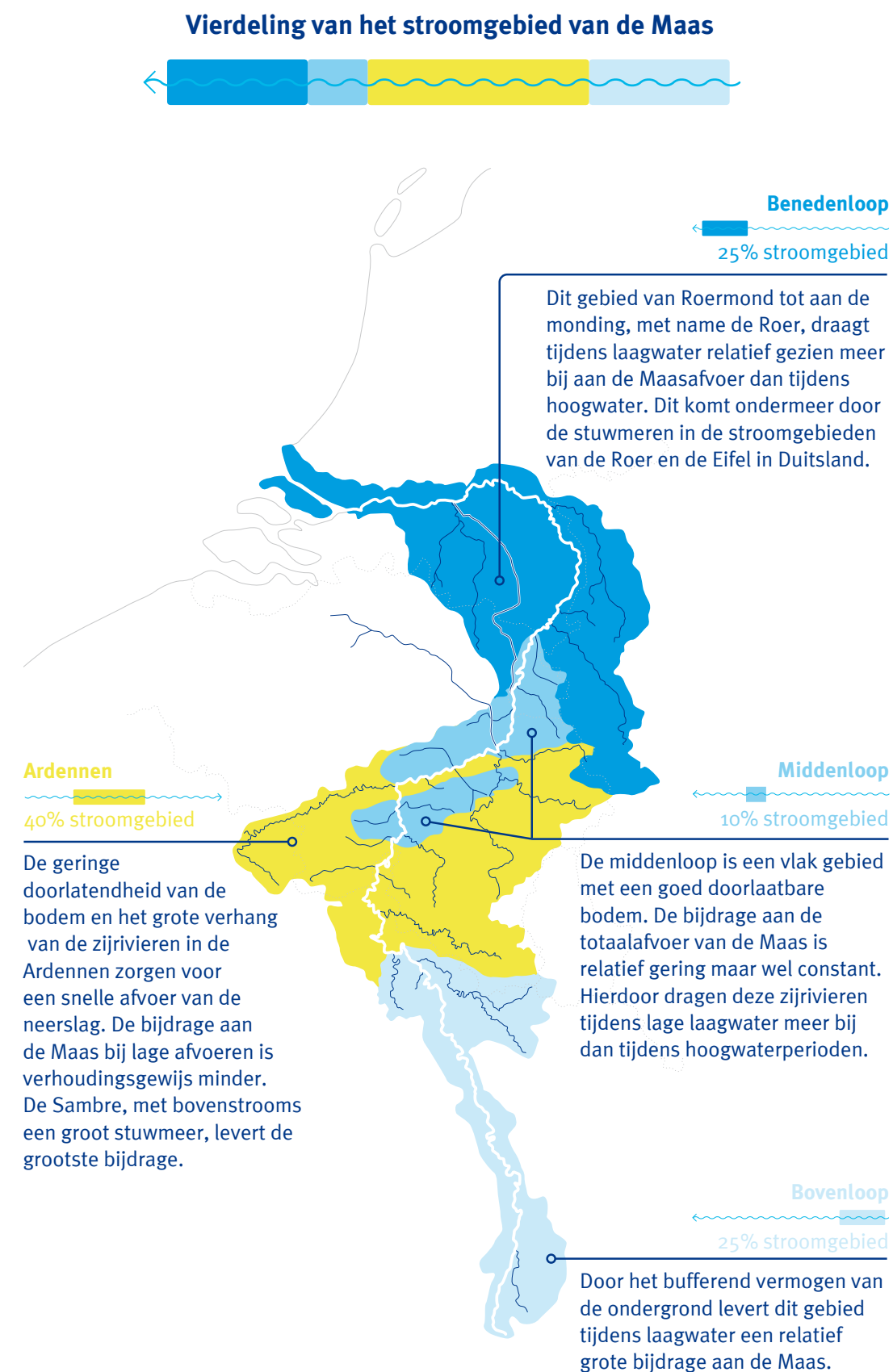
Ondanks dat de Maas over de gehele lengte een regenrivier is, zijn er wel degelijk verschillen binnen het stroomgebied waar te nemen. Het ene deel stroomt sneller af dan het andere. Ook is er variatie in de mate van geheugen. Gebieden die overeenkomsten vertonen hebben vaak vergelijkbare karakteristieken zoals bodemopbouw, landgebruik en verhang. Figuur 1 geeft deze karakteristieken in het Maasstroomgebied weer.

Gebruikmakend van de figuren en van de beschrijvingen uit Berger (1994) en de Wit (2008) kan de Maas wat betreft de hydrologische eigenschappen grofweg in vier delen worden gesplitst:

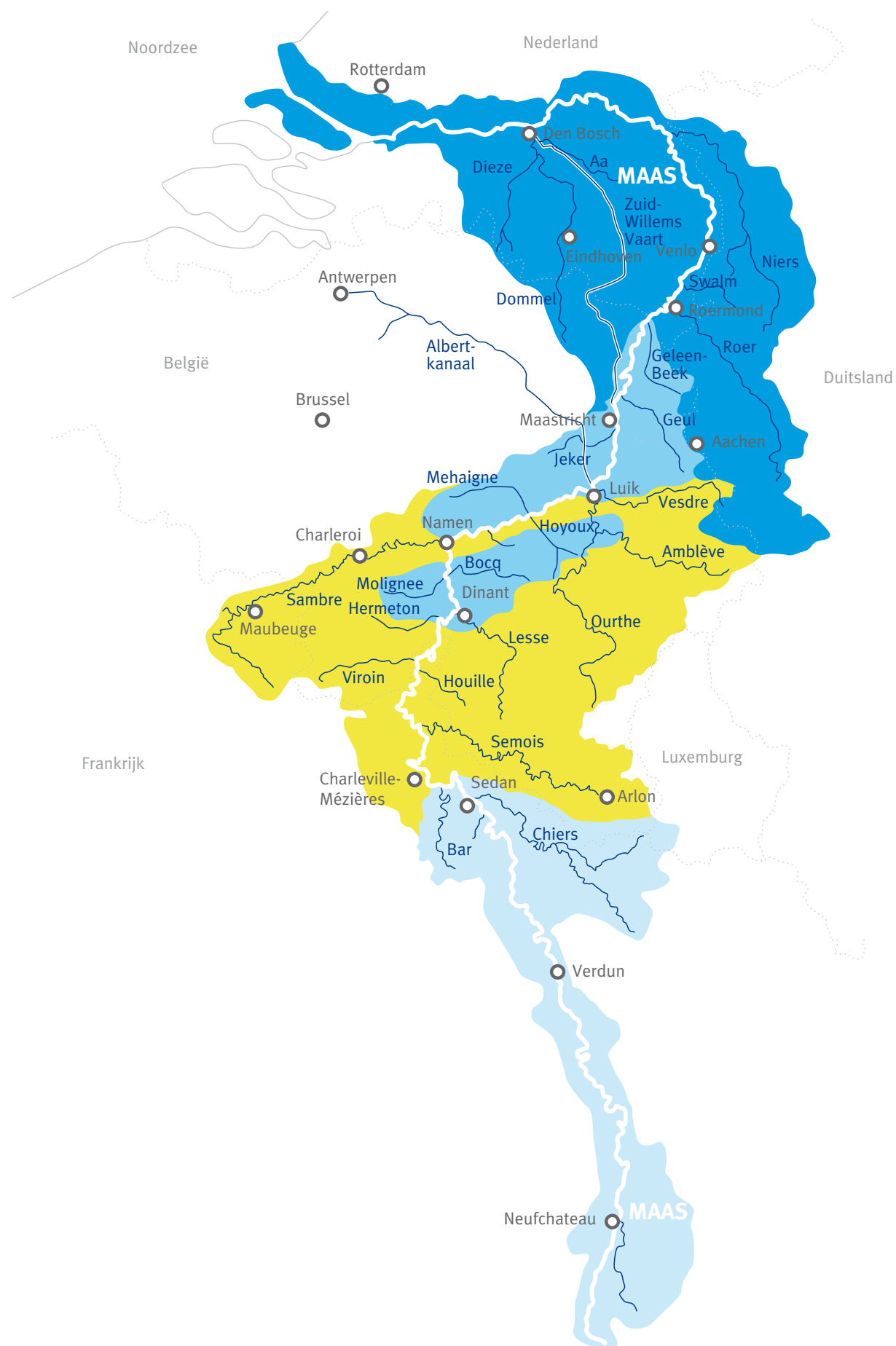
- 1. De bovenloop** (Lotharingse Maas), van de bron te Pouilly-en Bassigny tot de monding van de Chiers. Het stroomgebied is hier langgerekt en smal, de gradiënt is klein en het winterbed breed. Hierdoor heeft de afvoer tot aan de monding van de Chiers een vrij kalm verloop. In de Lotharingse Maas bestaat de ondergrond uit kalksteen. Deze ondergrond is goed doorlaatbaar en vruchtbaar en dat maakt de bodem geschikt voor akkerbouw. Het terrein is glooiend en het overtollige water vindt gemakkelijk de weg naar beneden de ondergrond in. Als het heel hard regent, verzamelt een deel van het water zich in depressies, waar het alsnog de grond in zakt. In dit landschap zijn daarom ook weinig sloten en beken te bekennen.
- 2. De Ardense Maas**, Belangrijke zijrivieren zoals de Semois, Viroin, Lesse en Ourthe vallen in dit gebied. De Maas doorsnijdt hier rotsgesteente, waardoor een smalle rivier en een groot verhang zijn ontstaan. De ondergrond bevat een zompige bodem. Deze bodem is zo zompig omdat er slecht doorlatend gesteente zoals leisteen ligt, dat het water verhindert in de grond weg te zakken. De slechte doorlatendheid van het stroomgebied en het grote verhang dragen bij tot een snelle afvoer van de gevallen neerslag. De bijdrage van dit gebied aan hoogwatergolven is daarom groot, de bijdrage aan lage afvoeren relatief gering.
- 3. De middenloop** Binnen de middenloop valt de Condroz, de regio in de driehoek Namen-Luik-Dinant. Hier bestaat de ondergrond uit kalkpakketten. Net als in de bovenloop is de dichtheid aan beken en sloten laag. De grond is hier goed doorlatend. Ditzelfde geldt voor de akkerbouwgebieden met een ondergrond van löss en kalksteen uit het Krijt, die in de driehoek Namen-Maastricht-Aken liggen. In al deze gebieden is de ondergrond goed doorlatend.
- 4. De benedenloop van de Maas**, Benedenstrooms van Maasbracht is de rivier gestuwd. De belangrijkste zijrivieren zijn Roer, Niers en Dieze.

In het stroomgebied van de Roer bevinden zich stuwweren, die voor een zekere minimumafvoer zorgen en ook pieken van hoogwatergolven afvangen. De bodem is in dit deel van het stroomgebied voor het grootste deel goed doorlatend. Vanaf Boxmeer is de rivier typisch een laaglandrivier, met zomerkaden, uiterwaarden en winterdijken.

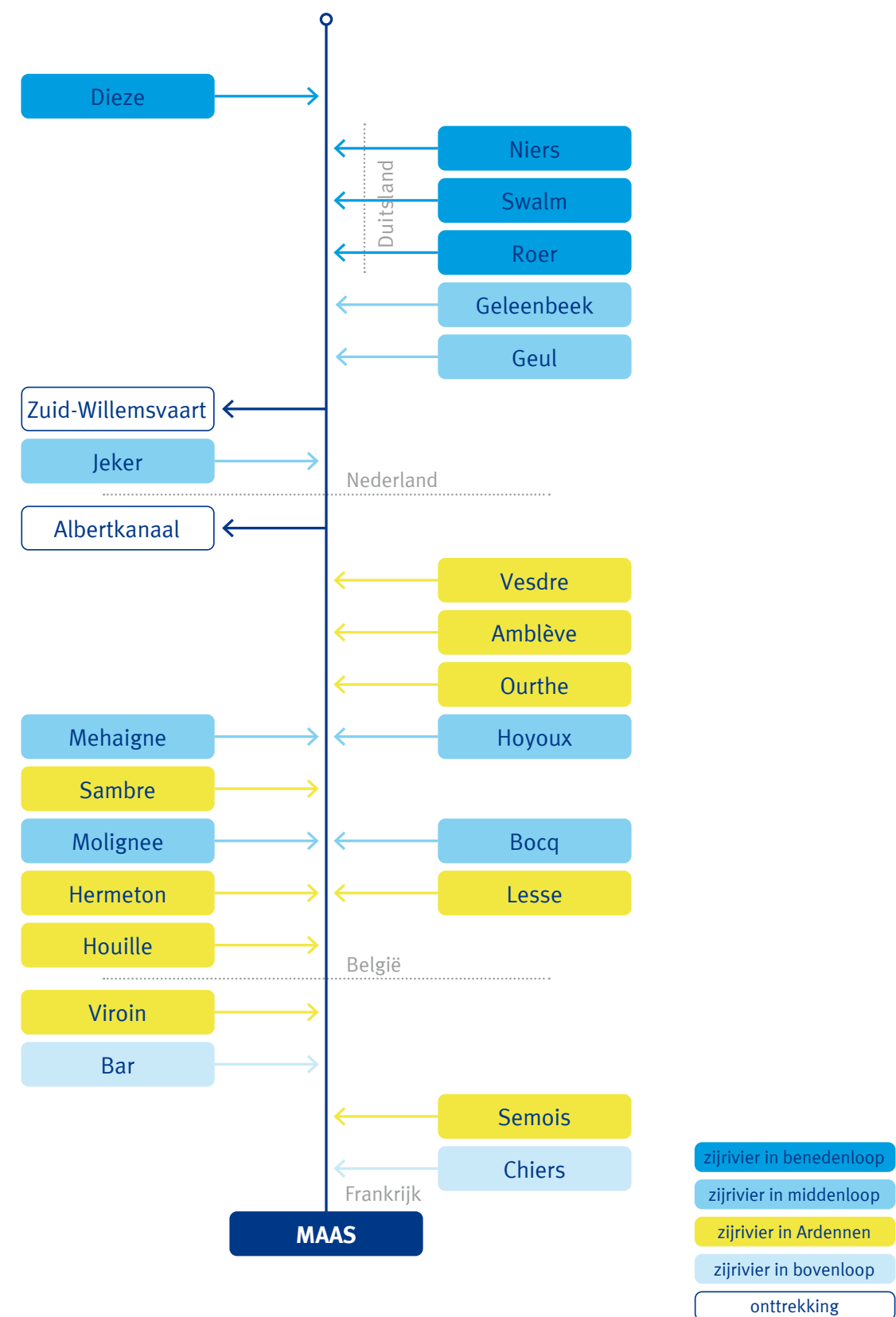
Figuur 1 Kaarten met karakteristieken Maas (gebaseerd op De Wit, 2008).



Figuur 2 Zijrivieren van de Maas.



Figuur 3 Schematische weergave zijrivieren Maas.



2.3 Zijrivieren

Het grootste deel van de afvoer van de Maas wordt aangeleverd door de zijrivieren. Kleinere bijdragen worden geleverd door grondwater, directe neerslag en lozingen. De Maas heeft vele zijrivieren, die in omvang sterk variëren.

In Figuur 2 worden de zijrivieren van de Maas, die in deze studie worden meegenomen weergegeven. In Figuur 3 wordt een schematische weergave gegeven van de ligging van de zijrivieren. Door middel van kleuren wordt onderscheid gemaakt tussen de vier deelgebieden.

2.4 Kenmerken zijrivieren

In Tabel 2 worden verschillende kenmerken weergegeven van de eerder genoemde zijrivieren van de Maas. De stroomgebied oppervlakten zijn afkomstig uit Berger (1994). De overige kenmerkende elementen, bodemopbouw, landgebruik en de aanwezigheid van stuwmeren is afkomstig uit de Wit (2008).

2.5 Stuwmeren en mijnbouw

In de zijrivieren van de Maas bevinden zich verschillende stuwmeren. In Jaskula-Joustra, (2003) en de Wit (2008) zijn deze stuwmeren op een rij gezet.

De stuwmeren in de Roer zijn het groots, de stuwmeren bevinden zich in de bovenloop van de rivier (zie Figuur 4). Die houden in de winter een deel van het water vast en geven dat in de zomer af. Het volume van die stuwmeren is zo groot, dat ze een buffer vormen tussen de neerslag bovenstrooms en de afvoer benedenstrooms van die meren. Daarnaast liggen in het stroomgebied van de Roer twee grote open bruinkoolmijnen. Pompen zorgen ervoor dat deze gigantische gaten in de ondergrond niet vollopen met grondwater. Het opgepompte grondwater wordt deels afgevoerd via beken, die in de Roer uitmonden. Ook dit zorgt voor een verhoging van de basisafvoer van de Roer. Aan de andere kant zorgt de lage grondwaterspiegel dat water uit de Maas in richting van de dagbouw mijnen wordt getrokken. De winningen worden in 2030 volledig stopgezet en daarmee ook het oppompen van grondwater. De oude mijnbouw gaten worden gevuld met water en veranderen in zogeheten restmeren. Hiervoor zal water uit de Roer worden gebruikt, wat de afvoer in de Roer vermindert. Tijdens droogte zal echter geen water voor het vullen van de restmeren worden gebruikt. Na 2035 zal de grondwaterspiegel weer stijgen, zodat het als basisafvoer naar de Maas stroomt (Becker, 2018 en Bachmann et al., 2007, Becker & Klauder, 2007).

Een andere zijrivier met een groot stuwmerencomplex is de Sambre. Deze stuwmeren Lacs de l'Eau d'Heure hebben als voornaamste doel de waterstand in de Sambre en de aangelegen kanalen op peil te houden. Een deel van het water uit deze reservoirs stroomt via de Sambre in de Maas, waardoor er in een gemiddelde zomer één tot enkele kubieke meters per seconde extra door de Maas stroomt.

De overige stuwmeren in Wallonië dienen niet voor het reguleren van laagwaterafvoeren en zijn veel kleiner dan Eau d'Heure (zie Tabel 3); hun totale volume bedraagt samen een kleine 80 miljoen kubieke meter. Eupen en Gileppe in het stroomgebied van de Vesdre zijn de grootste ervan.

Tabel 2 Kenmerken zijrivieren Maas.

Oppervlakte							
Gebied	Stroom- gebied km²	Boven- strooms km²	Onbe- meten km²	Opmerking	Bodem	Landgebruik	Stuw- meer
1 Maas Stenay	3904	3904			kalksteen	landbouw/bos	
1 Chiers	2222				kalksteen +loss en leemgronden	landbouw/bos	
1 Bar	389				kalksteen +loss en leemgronden	landbouw/bos	
Totaal oppervlak gebied		6515 km²					
2 Semois	1358			groot verhang	stenig leem en leisteen	bos/landbouw	ja
2 Viroin	593			groot verhang	stenig leem en leisteen+kalksteen	bos/landbouw	
2 Stenay - Chooz			1654	rest oppervlakte			
Maas Chooz		10120					
2 Houile	186				stenig leem en leisteen+kalksteen	landbouw/bos	
2 Hermeton	161				stenig leem en leisteen+kalksteen	landbouw/bos	
2 Lesse	1314			groot verhang	stenig leem en leisteen	bos/landbouw	
3 Molignee	127				stenig leem en leisteen+kalksteen	landbouw/bos	
3 Bocq	188				stenig leem en leisteen+kalksteen	landbouw/bos	
2 Sambre	2863			groot deel gekanaliseerd	stenig leem en leisteen+kalksteen	landbouw/bebouwd/bos	ja
3 Hoyoux	246				stenig leem en leisteen+kalksteen	landbouw/bos	
2 Ourthe	1597			groot verhang	stenig leem en leisteen	bos/landbouw	ja
2 Ambleve	1044			groot verhang	stenig leem en leisteen	bos/landbouw	ja
2 Vesdre	677			groot verhang	stenig leem en leisteen	bos/landbouw	ja
Totaal oppervlak gebied		10354 km²					
3 Mehaigne	345			vlak	loss en leemgronden	landbouw/bebouwd	
3 Jeker	463			vlak	loss en leemgronden	landbouw/bebouwd	
3 Chooz - Borgharen			1929	rest oppervlakte			
Maas Borgharen		21260					
3 Geul	338				loss en leemgronden + kalksteen	landbouw/bebouwd	
3 Geleenbeek	203				loss en leemgronden + kalksteen	landbouw/bebouwd	
4 Roer	2105			groot verhang	stenig leem en leisteen + loss en leemgronden	landbouw/bebouwd/bos	ja
4 Swalm	130				loss en leemgronden	landbouw/bebouwd/bos	
4 Niers	1220			vlak	loss en leemgronden	landbouw/bebouwd/bos	
4 Dieze	2800			vlak+ groot deel gekanaliseerd	zandgrond	landbouw/bebouwd/bos	
4 Borgharen - Lith			1314	rest oppervlakte			
Maas Lith		29370					
Totaal oppervlak gebied		7604 km²					
Gebied							
1 Boven	6515	26,6%					
2 Ardennen	9793	40,0%					
3 Midden	1910	7,8%					
4 beneden	6255	25,6%					

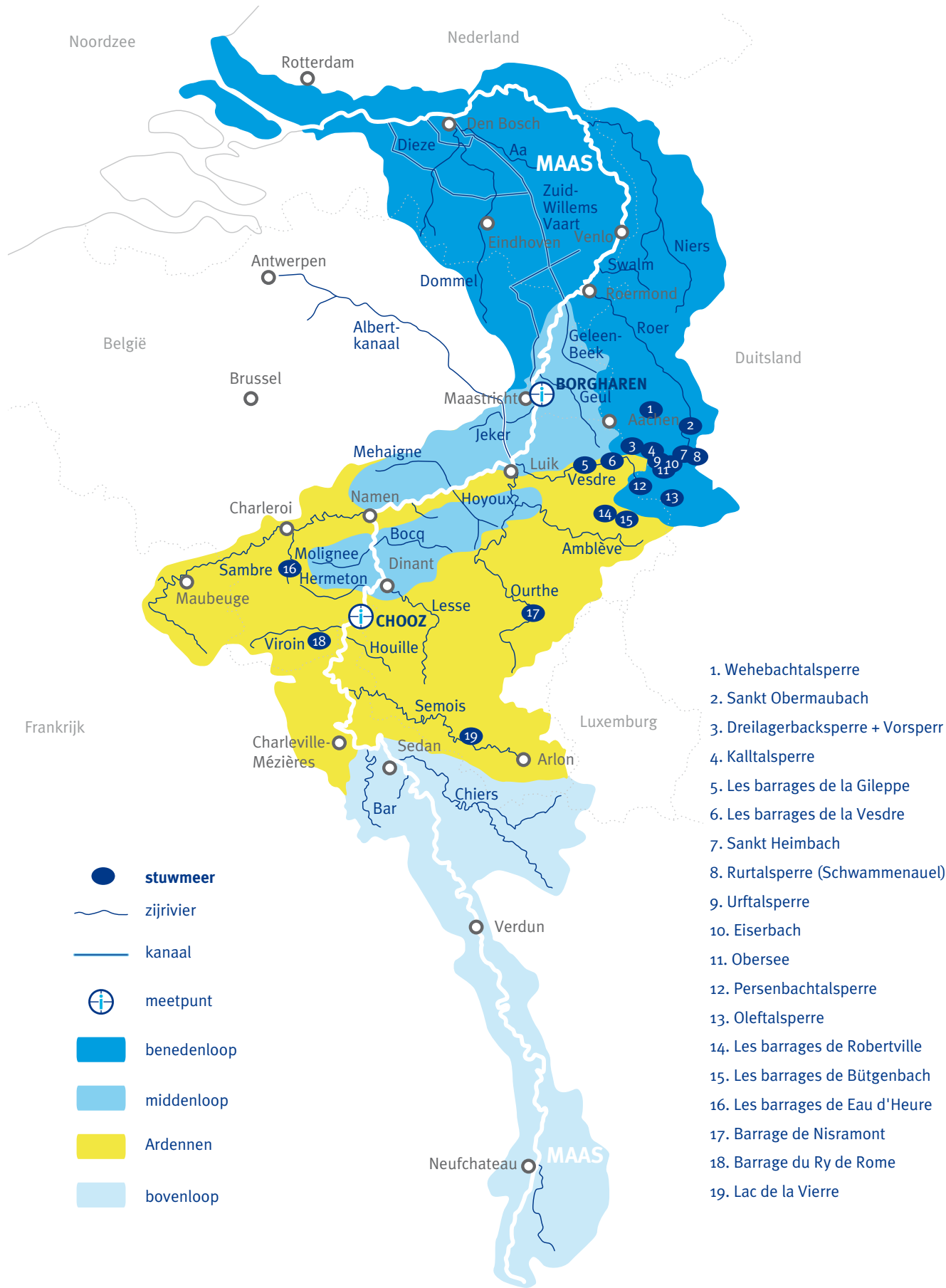
Ze hebben als hoofdfunctie de drink- en industriewatervoorziening van onder meer Luik en kunnen 150.000 kubieke meter water per etmaal (1,75 m³/s) leveren. Daarnaast vervullen zij een belangrijke rol op het gebied van bescherming tegen hoogwater: ze kunnen een deel van de afvoergolf afkomstig van circa een kwart van het stroomgebied van de Vesdre bergen. Tevens worden ze gebruikt voor de productie van elektriciteit.

De volgende qua grootte zijn Bütgenbach en Robertville op de Warche (zijrivier van de Amblève), die een totaal volume van 19 miljoen kubieke meter hebben. Hun hoofddoel is de opwekking van elektriciteit. De waterkrachtcentrale van het hoger gelegen Bütgenbach maakt gebruik van het grootste verval in België (154 m). Noemenswaardig hier is het gevoerde dynamisch peilbeheer met grote peilfluctuaties: in april/mei is het meer maximaal gevuld en in de loop van de zomer wordt circa tweederde van de watervoorraad verbruikt. De verkregen ruimte kan gebruikt worden om in de winter het hoogwater voor gebruik in de zomer te bergen en tegelijk de stad Malmédy te beschermen. Daarnaast worden de meren gebruikt om de streek van Malmédy van water te voorzien en ook voor watersportactiviteiten.

Tabel 3 Stuwmeren in de Maas. (Jaskula-Joustra, 2003 en de Wit, 2008).

Naam stuwmeer	Rivier	Gebruik (prioriteitsvolgorde)	Oppervlak bovenstrooms van het stuwmeer (km²)	Totaal Volume (miljoen m³)
Roer-,Urf-en Oleftalsperre	Urft/Roer	1.(drink)watervoorziening 2. Elektriciteitswinning 3.recreatie 4.hoogwaterbescherming 5. laagwaterafvoer	667	267
Wehebachtalsperre	Wehebach/Roer	1.(drink)watervoorziening	44	25
Les barrages de Eau d'Heure	Eau d'Heure/Sambre	1. laagwaterafvoer 2. elektriciteit 3. recreatie 4. hoogwaterberging	80	85
Les barrages de la Vesdre et de la Gileppe	Gileppe/Vesdre	1. drinkwater 2. hoogwaterberging 3. elektriciteit	160	51
Les barrages de Bütgenbach et de Robertville	Warche/Amblève	1. elektriciteit 2. hoogwaterberging 3. recreatie	110	19
Nisramont	Ourthe	1. drinkwater 2. recreatie 3. elektriciteit		3
Ry de Rome	Ry de Rome/Viroin	1. drinkwater		2,2
Chiny	Vierre/Semois	1. elektriciteit		1,3

Figuur 4 Belangrijke stuwmeren in het Maasstroomgebied (gebaseerd op IMC, 2020).



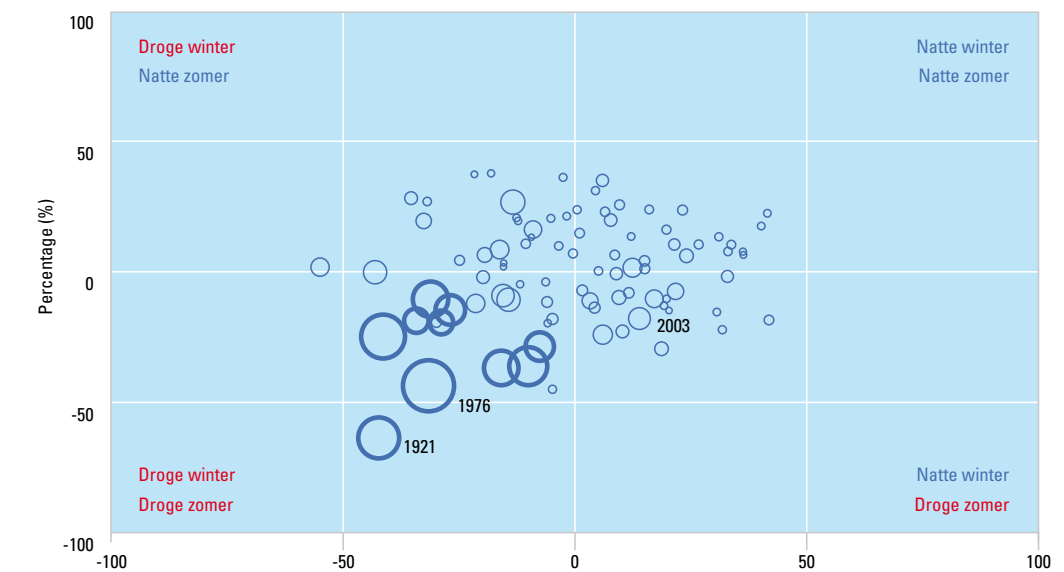


De Dieze

2.6 “Geheugen” van de Maas

De Maas heeft bij wijze van spreken een jaar-overschrijdend geheugen: De Wit (2008) laat zien dat dat de zomerafvoer in de Maas correleert met de neerslag in de voorafgaande winter. Lage afvoeren in de zomer zijn een ander fenomeen dan droogte. Een droge maand in de zomer resulteert snel in een uitgedroogde bodem. De uitwerking van een droge periode op de basisafvoer van de rivier laat langer op zich wachten.

Een kanttekening die bij deze analyse gemaakt kan worden is dat er hier alleen naar het zomerhalfjaar gekeken is. In 2003 was de winter nat, wat resulteerde in een relatief hoge afvoer in de eerste helft van het zomerhalfjaar (apr-mei-juni). De lage afvoeren kwamen voor in juli t/m november. Door naar het zomerhalfjaar te kijken, zijn de maanden oktober en november hier niet in beschouwing genomen. Verder wordt er niet ingegaan op het effect van meerdere droge jaren achter elkaar.



Figuur 5 Correlatie zomerneerslag en winterneerslag. Ieder bolletje representeert een jaar tussen 1911 en 2003. De grootte van het bolletje illustreert het watertekort in het betreffende zomerhalfjaar: hoe groter het bolletje, hoe groter het afvoertekort in het zomerhalfjaar (drempelwaarde = 60 m³/s). De vet omlijnde bolletjes zijn de jaren waarin het afvoertekort groter was dan 100 miljoen kubieke meter. Dit was het geval in jaren waarin zowel het zomerhalfjaar als het voorafgaande winterhalfjaar relatief droog waren, zoals in 1921 en 1976. Dat de afvoertekorten in de droge en warme zomer van 2003 niet extreem groot waren, was vooral te danken aan de relatief natte winter. (De Wit, 2008)

3

Tijdreeksen

De Ambleve.

3.1 Data verzamelen, controle en opvullen

Om de bijdrage van de zijrivieren te kunnen analyseren zijn in deze studie tijdreeksen voor de jaren 1998-2020 verzameld, hierbij is gebruik gemaakt van de volgende databronnen:

- Nederland: www.waterinfo.rws.nl
- Waterschap Limburg
- Waterschap AA en Maas
- Vlaanderen: www.waterinfo.be
- Wallonie: <http://voies-hydrauliques.wallonie.be>
- Franse stations: <http://www.hydro.eaufrance.fr>
- Duitse stations: <https://www.elwasweb.nrw.de>

In bijlage A worden de verschillende zijrivieren een voor een beschreven en wordt ingegaan op de datareeks. Alle reeksen zijn beoordeeld op gaten en uitbijters. De gaten worden opgevuld met passende data. Bij 8 van de 24 tijdseries was het nodig om de data aan te vullen, zie Tabel 4 en bijlage A voor de gebruikte relaties.

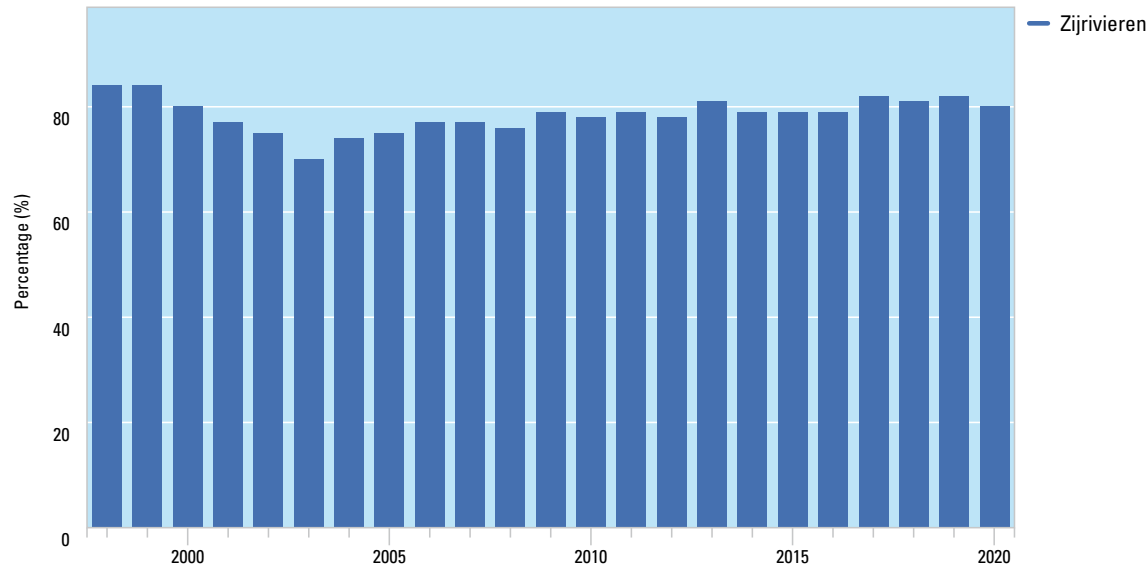
Tabel 4 Aanvullen datareeksen.* R-kwadraat is een getal tussen 0 en 1 en staat in voor de nauwkeurigheid van de trendlijn. Hoe nauwkeuriger, hoe dichter r-kwadraat bij 1.

Zijrivier	Locatie	Opvullen volgens	Aantal missende records van totaal (8401)	R-kwadraat significantie van de relatie die is gebruikt om data op te vullen	Opmerking
Albertkanaal	Kanne	Alberkanaal te Haccourt	523	0,75	Verspreid over de tijdserie
Jeker	Nekum	Opgevuld met de dag ervoor	150	-	Voornamelijk in 1998 en 2004
Zuid Willemsvaart	Smeermaas	11.0	73	-	Aanvullingen voornamelijk in 1998
Geul	Meerssen	Opvullen met waarde dag ervoor	131	-	
Geleenbeek	Roosteren	Handmatig en afvoer Jeker	3033	0,52	Voornamelijk 2007-2010, In zomer last van begroeiing
Swalm	Rijksweg	Opvullen met waarde dag ervoor	90	0,84	Aanvullingen voornamelijk begin 1998
Niers	Kessel	Opgevuld met data bovenstroomse stations	5575	0,88	
Dieze	Engelen	Maas te Eijsden	273	0,38	Data beschikbaar vanaf 1-10-1998, daarvoor opgevuld

3.2 Volumebalans tijdreeksen

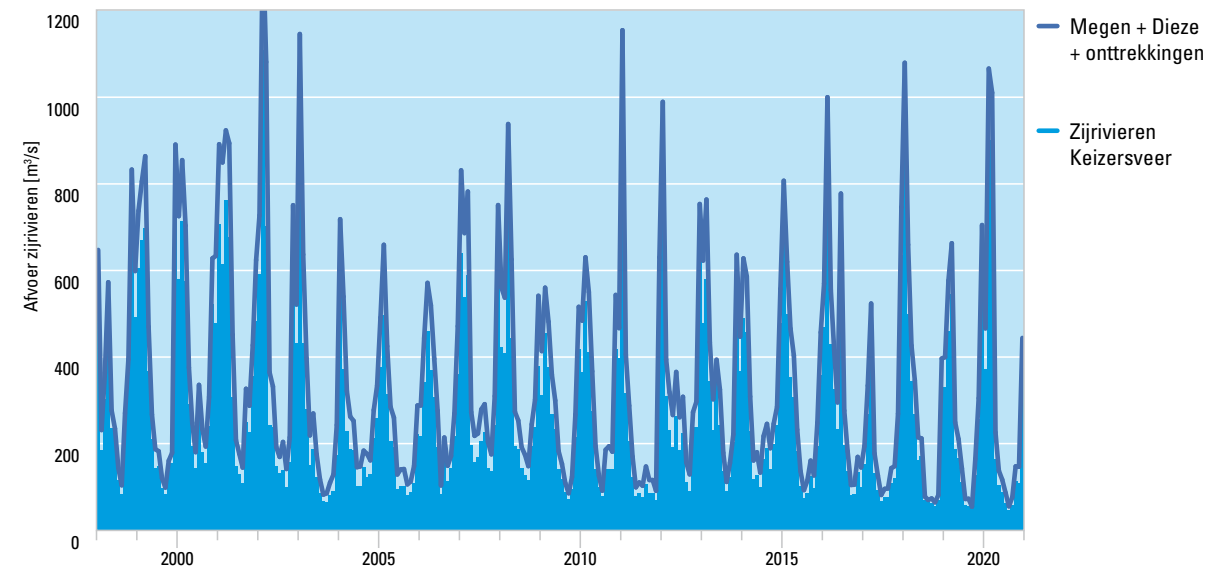
In de vorige paragraaf staat beschreven dat tijdseries zijn verkregen voor de belangrijkste zijrivieren in de Maas. Wanneer we de afvoer van deze zijrivieren per jaar vergelijken met de gemeten afvoer benedenstrooms dan lijkt de afvoer benedenstrooms voor circa 80% gedekt te zijn door de zijrivieren (zie Figuur 6). Oorzaken dat de benedenstroomse afvoer niet volledig door de bemeten zijrivieren wordt gedekt zijn:

- Meetstations liggen vaak niet onderaan het stroomgebied, daardoor blijft een deel van het stroomgebied afvoer onbemeten. Vaak is voor de locatie van meetstations verder bovenstrooms gekozen om de effecten van backwater op de metingen uit te sluiten.
- Er is een directe afstroming op de Maas.
- Zeer kleine zijrivieren zoals de Samson ontbreken.
- Metingen kunnen onjuist zijn. Oorzaak voor onjuiste metingen kunnen in de meetapparatuur liggen, maar ook in de wisselende begroeiing gedurende het jaar.
- Onnauwkeurigheid van Q-H-relaties. Vanwege hysteresis is het vaak lastig om goede Q-H-relaties af te leiden.
- Looptijden, al zal dit op basis van jaardata grotendeels wegvallen.

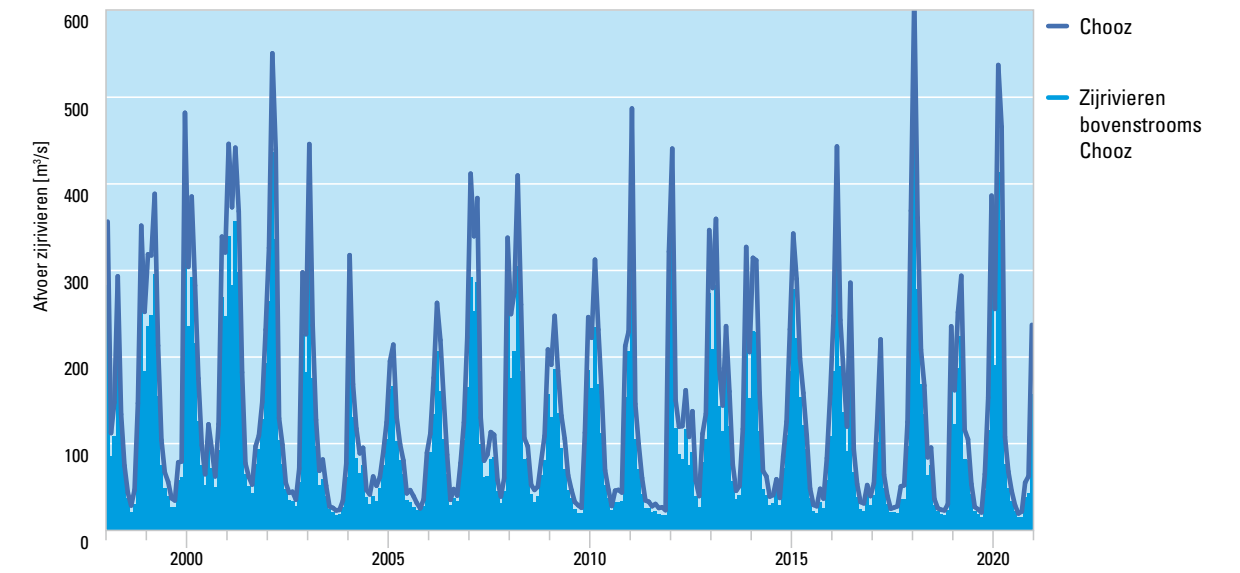


Figuur 6 De gezamenlijke bijdrage per jaar van alle zijrivieren in de meetreeks t.o.v. de “gemeten” afvoer bij Keizersveer + onttrekkingen. De “gemeten” afvoer van Keizersveer is hier de som van de gemeten afvoer bij Megen en de Dieze. De onttrekkingen beslaan het Albertkanaal en de Zuid Willemsvaart. De onttrekkingen zijn bij de gemeten afvoer opgeteld om zo de waterbalans sluitend te krijgen.

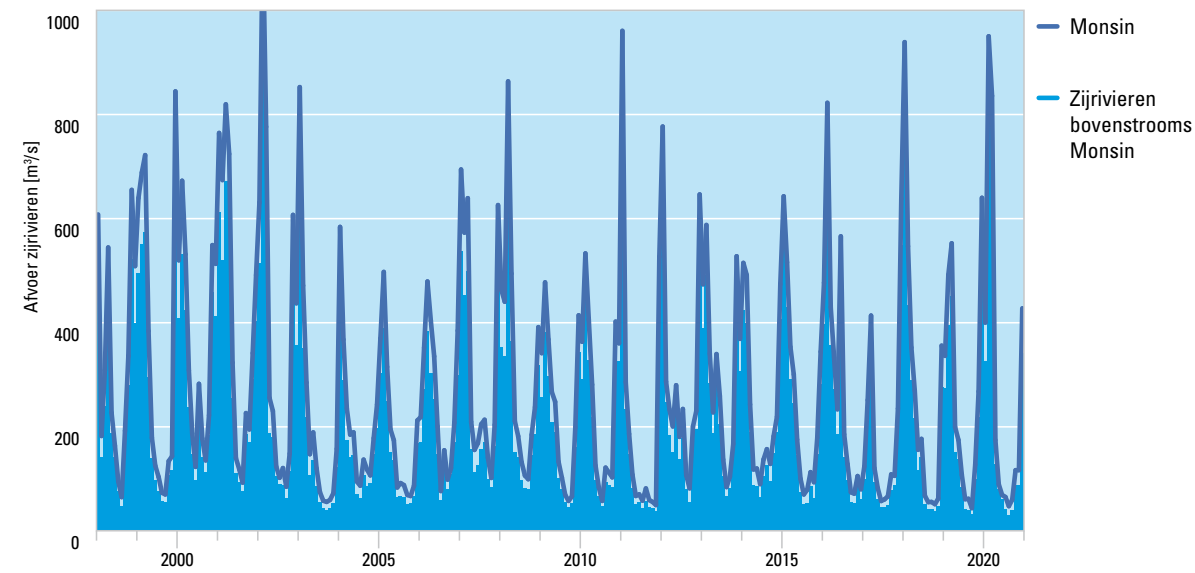
In Figuur 7 t/m Figuur 9 zijn op basis van maandgemiddelde gegevens nog een aantal balansvergelijkingen gemaakt. In de figuren is voor verschillende stations de gemeten afvoer vergeleken met de som van de afvoeren van de bovenstroomse stations. . Ook in deze figuren is te zien dat een groot deel van de afvoer in de Maas wordt gedekt door de gemeten zijrivieren, echter met name tijdens de hoogwaterperioden zijn er verschillen waar te nemen. In De Jong (2020b) wordt nader ingegaan op de bijdrage van kleine beken in het stroomgebied van de Maas.



Figuur 7 Gemeten afvoer Keizersveer (= afvoer Megen + Dieze) + onttrekkingen Albertkanaal + Zuid-Willemsvaart uitgezet tegen de som van alle zijrivieren bovenstrooms van Keizersveer, op maandbasis voor de jaren 1998-2020 .



Figuur 9 Gemeten afvoer Chooz uitgezet tegen de som van alle zijrivieren bovenstrooms van Chooz, op maandbasis voor de jaren 1998-2020.



Figuur 8 Gemeten afvoer Monsin uitgezet tegen de som van alle zijrivieren bovenstrooms van Monsin, op maandbasis voor de jaren 1998-2020 .

4

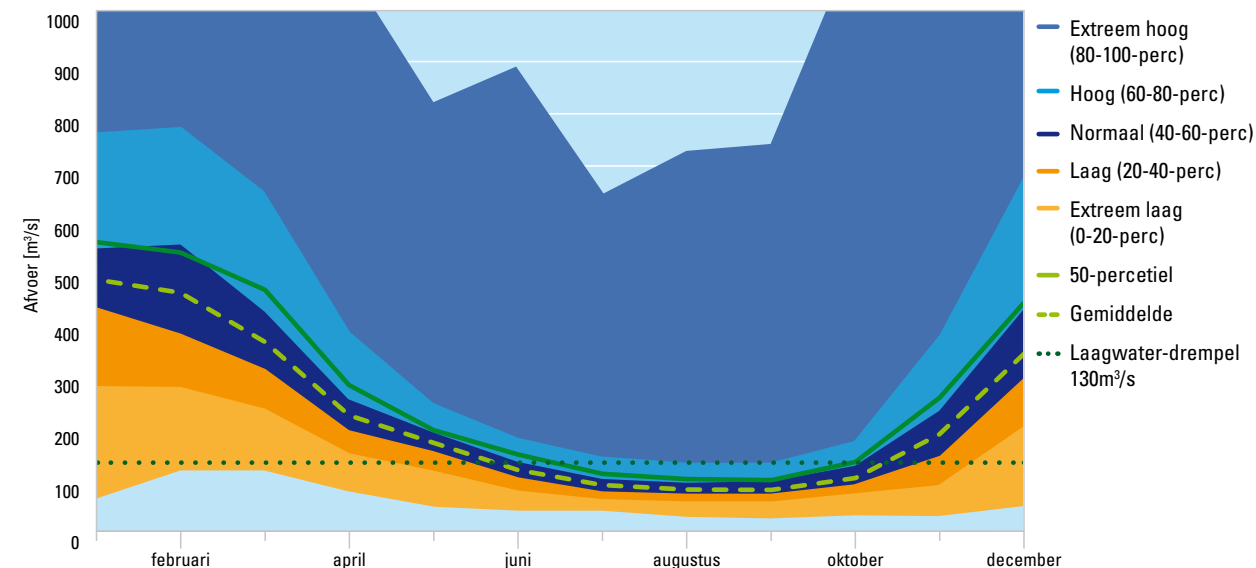
Analyse tijdreeks hoofdstroom Maas

De Samson

4.1 Afvoerregime

De afvoer van de Maas wordt gekenmerkt door een regen-gedomineerd afvoerregime. De gemiddelde afvoer is het hoogst in de winter of in het voorjaar en het laagst in augustus en september of zelfs oktober. De neerslag valt verspreid over de seizoenen, maar vanwege de hoge verdamping en watervraag van de gebruikers kan de afvoer van de Maas in de zomer flink afnemen. De uit het grondwater afkomstige basisafvoer zorgt ervoor dat er ook tijdens de zomermaanden enig water door de Maas stroomt als er meer water verdampt dan er neerslag valt. De mate waarin dat gebeurt hangt af van de hoeveelheid regen die in de voorafgaande natte periode is gevallen.

In Figuur 10 is het afvoerregime van de Maas te Monsin weergegeven. Daarnaast is op basis van percentielintervallen aangegeven hoe zeldzaam ofwel frequent een afvoer voor komt. Wanneer we naar de drempelwaarde kijken waarbij het Maasafvoercontract in werking treedt ($130 \text{ m}^3/\text{s}$), dan zien we dat deze drempelafvoer in de helft van de jaren in de meetreeks (50-percentiel) in de maanden juli t/m september wordt overschreden. In deze maanden is het voorkomen van lage afvoeren dus heel gebruikelijk.

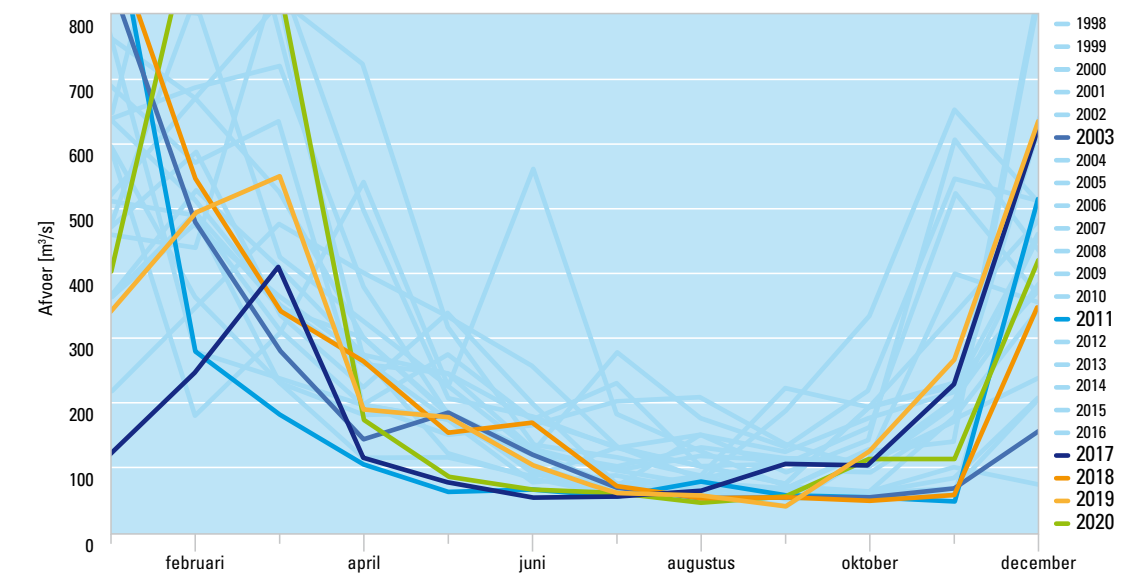


Figuur 10 Percentielen van de afvoer in de Maas te Monsin gebaseerd op de tijdreeks 1998-2019, percentielen zijn bepaald op basis van dag-data.

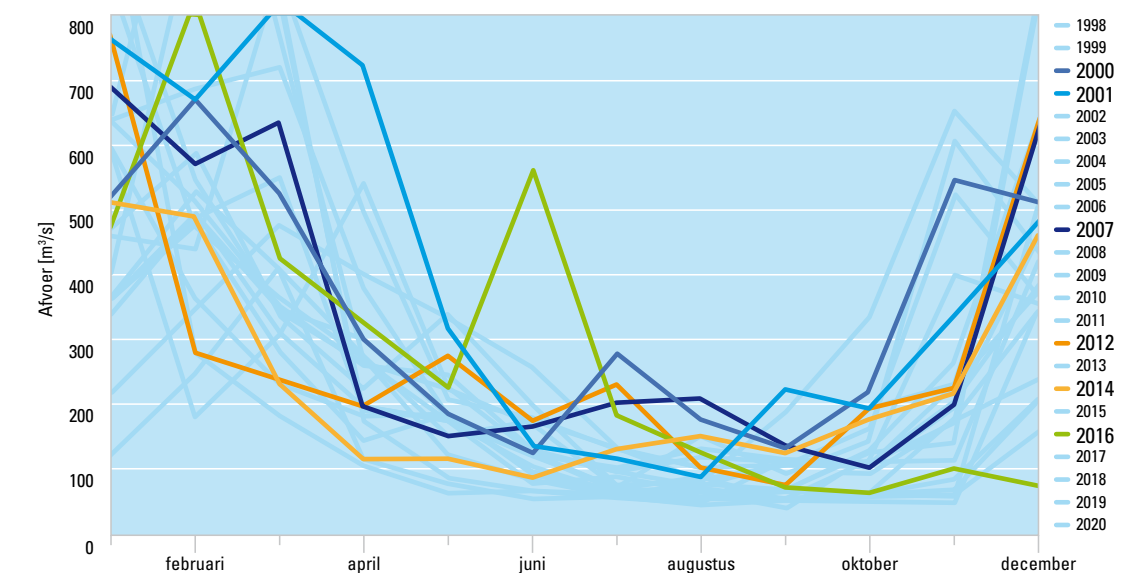
4.2 Historische droge en natte zomers

Figuur 11 geeft per jaar het jaarverloop van de Maasafvoer te Monsin weer voor de periode 1998-2020. In de figuur geven de gekleurde lijnen de jaren aan met zomers met de laagste afvoeren in juli t/m september. Droge jaren waren 2003, 2011, 2017, 2018, 2019, 2020. Wanneer we dit zelfde doen alleen dan met de natte jaren (Figuur 12), dan komen de jaren 2000, 2001, 2007, 2012, 2014 en 2016 naar voren.

Kijkend naar de verdeling van droge en natte jaren, dan kan er geconcludeerd worden dat het eerste deel van de 23 jarige tijdserie relatief nat is verlopen en de laatste decade relatief droog.



Figuur 11 Maandgemiddelde Maasafvoer te Monsin per kalendermaand, zes jaren met droogte in de zomer zijn uitgelicht.



Figuur 12 Maandgemiddelde Maasafvoer te Monsin per kalendermaand, zes jaren met een natte zomer zijn uitgelicht.

5

Analyse tijdreeks per
gebied en zijrivier

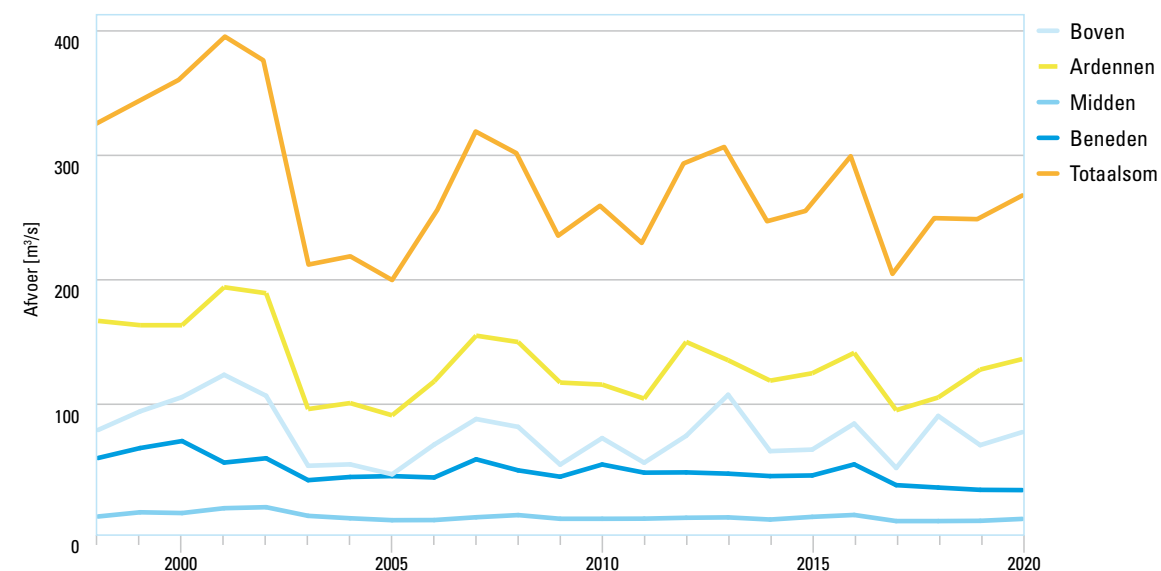
De Semois.

5.1 Bijdrage van de vier gebieden

In paragraaf 2.2 is de rivier Maas ingedeeld in vier gebieden. In Figuur 13 is te zien dat de zijrivieren afkomstig uit het gebied Ardennen de grootste bijdrage leveren aan de afvoer op jaarbasis (oranje lijn in Figuur 13). Het Middengebied waar onder andere de Geul en de Jeker in vallen levert de kleinste bijdrage (groene lijn).

Wanneer we naar de gebiedsgrootte kijken, dan is het ook logisch dat de Ardennen de grootste bijdrage levert. Daar waar de Ardennen een oppervlak heeft van circa 40% (10.000 km²) van het totale bemeten stroomgebied, komt gebied Midden niet boven de 8% (1900 km²) uit. Het Boven- en Benedengebied nemen beide circa een kwart van het bemeten oppervlakte voor hun rekening (zie tabel paragraaf 2.4).

Kijkend naar Figuur 13, dan lijkt er een licht dalende trend te zijn in de gebieden Boven, Ardennen, Beneden en de totaalsom. Deze dalende trend kan komen doordat het begin van de 23-jarige tijdserie relatief nat was en droog eindigde. In Kramer (2018) is een trendanalyse uitgevoerd op de 100 jarige reeks te Monsin (1911-2011), hier kwam geen significante trend in de gemiddelde jaar en zomerafvoer naar voren. Wel waren er aanwijzingen dat de droge perioden qua volume en laagwaters in de loop van de jaren iets extremer zijn geworden.

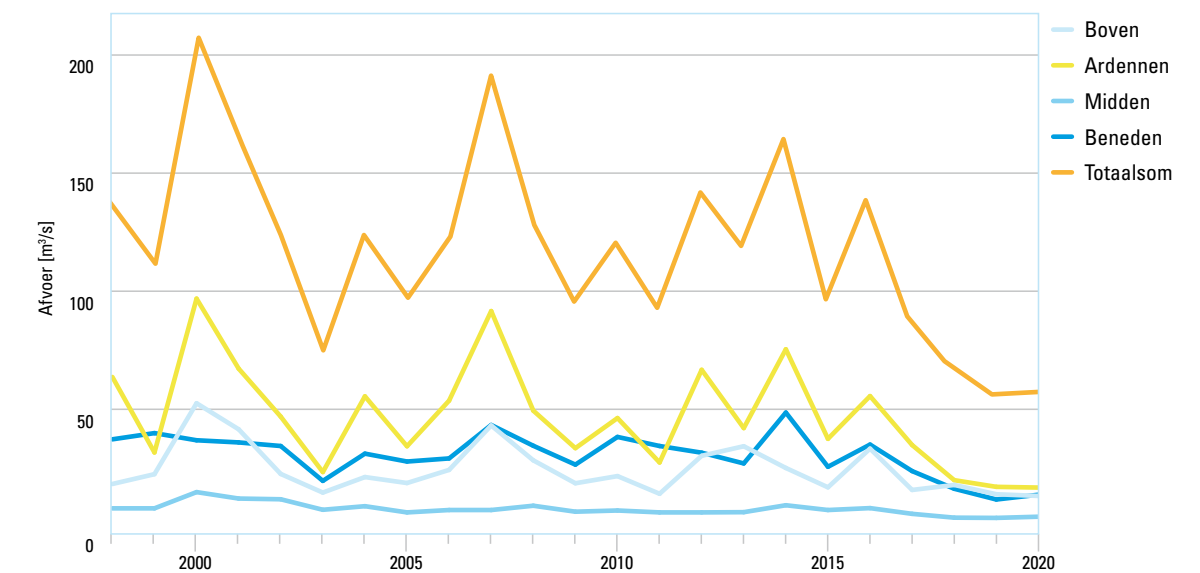


Figuur 13 Afvoer zijrivieren per gebied en per jaar in de periode 1998-2020. De totaalsom is de optelsom van Boven, Ardennen, Midden en Onder.

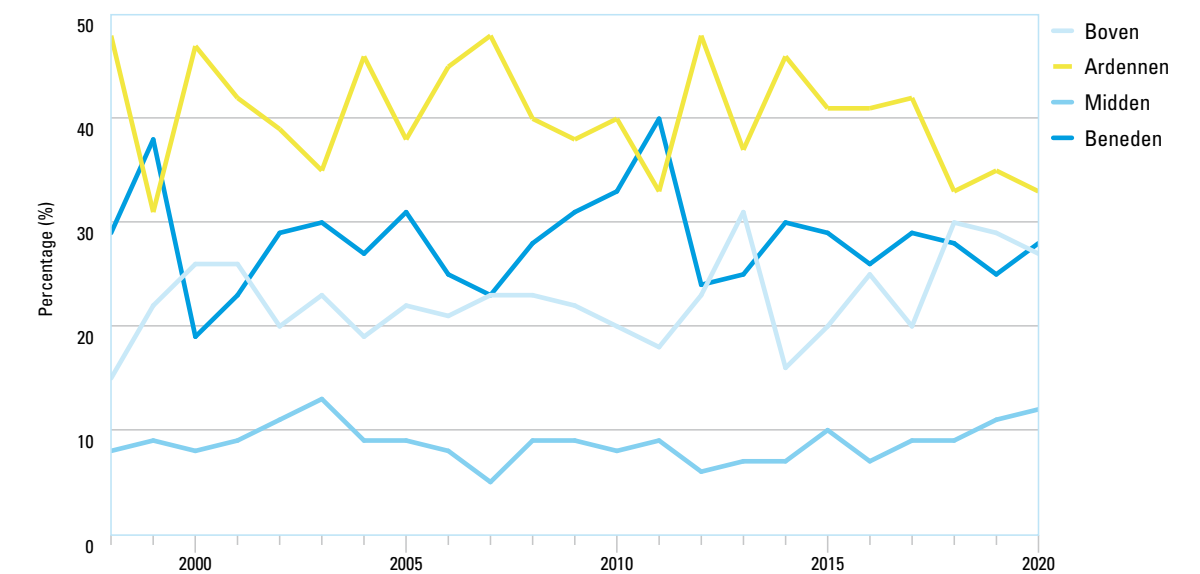
In de zomermaanden juli t/m september liggen de bijdrages van de vier gebieden heel anders dan gemiddeld over het jaar. In Figuur 14 is te zien dat met name in de droge jaren zoals 2003, 2011, 2017, 2018, 2019 en 2020 de afvoer van de Ardennen flink terugsinkt. De bijdrage van het Middengebied is vrij statisch en varieert weinig tussen de jaren. Percentueel gezien is het aandeel van het Middengebied in droge jaren dus groter dan in natte jaren (zie Figuur 15). De bijdrage van het benedenstroomse gebied (Beneden) is relatief groot tijdens droge zomers.

In de zomers van 2011 is die bijdrage zelfs net zo groot als die vanuit de Ardennen. En ook in de zomers van 2003, 2018, 2019 en 2020 zijn de verschillen tussen beide gebieden klein (Figuur 14 en Figuur 15).

Wat verder opvalt in Figuur 14 is dat de zwarte lijn, de som van alle zijrivieren, sterk wegzakt in de jaren 2019 en 2020. De voorafgaande droge zomers hebben met name in de Ardennen en het Beneden-gebied het grondwater uitgeput, deze zijn in de winter waarschijnlijk niet voldoende aangevuld. Om dit beter te onderzoeken zou ook de neerslagdata toegevoegd moeten worden.



Figuur 14 Afvoer zijrivieren per gebied en per zomer (juli-aug-sept) in de periode 1998-2020.



Figuur 15 Percentuele bijdrage zijrivieren aan totaalaafvoer in de zomer (juli-aug-sept) in de periode 1998-2020.

5.2 Afvoerregime

Net als de hoofdstroom van de Maas worden alle deelstroomgebieden van de Maas gekenmerkt door een regen-gedomineerd afvoerregime (zie Figuur 16 t/m Figuur 19). De gemiddelde afvoer is het hoogst in de winter of in het voorjaar en het laagst in augustus en september of zelfs oktober. In onderstaande figuren is het afvoerregime voor alle zijrivieren individueel weergegeven.

Op basis van de bodemopbouw zou men verwachten dat in het bovenstroomse gebied (Frankrijk) veel water wordt opgeslagen in de bodem en dat daardoor de curves vlakker zouden moeten lopen.

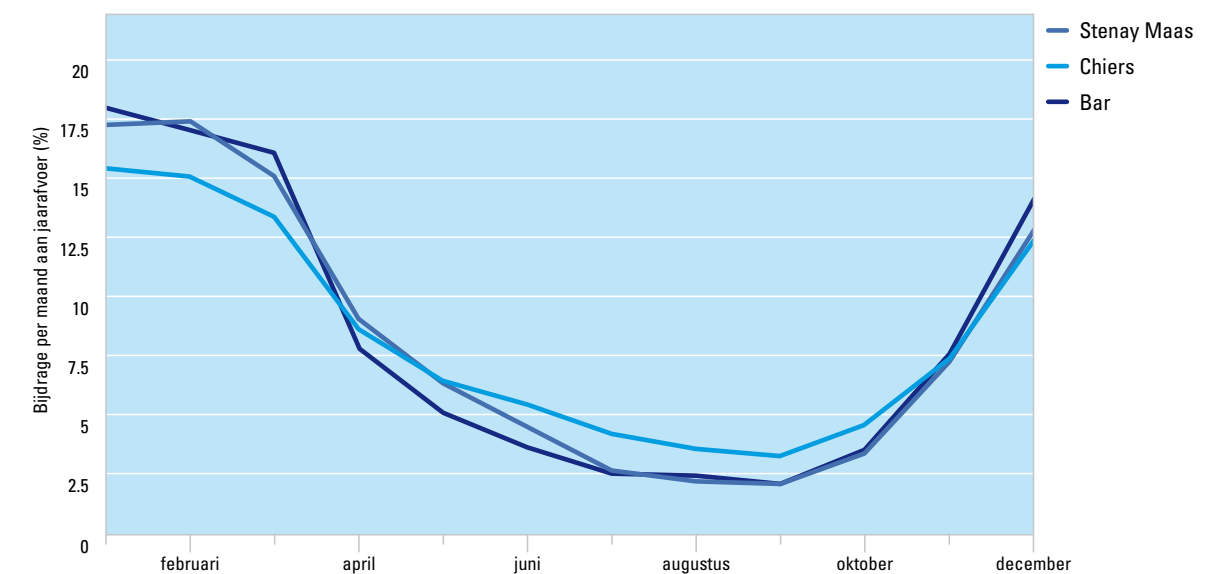
De curves in Figuur 16 zijn echter vergelijkbaar met de curves van de Ardennen (Figuur 17). Een mogelijke oorzaak is dat in de winter de grond vaak verzadigd is en hierdoor de bijdrage aan de afvoergolf ook groot is. En omdat de figuren relatief zijn, betekent dat, dat de verhouding met de zomerafvoer hier ook weer groter wordt.

In het gebied van de Ardennen laten de Ambleve, Vesdre en Sambre een iets vlakkere curve zien dan bijvoorbeeld de Viroin. Deze genoemde drie zijrivieren hebben een stuwmeer wat zorgt voor een dempend effect. Zo worden in de Vesdre de winterse hoogwatergolven gedempt en in de zomer een minimale afvoer gewaarborgd. Dit zorgt voor een percentuele afname in de wintermaanden en voor een percentuele toename in de zomermaanden aan de afvoer van de Maas.

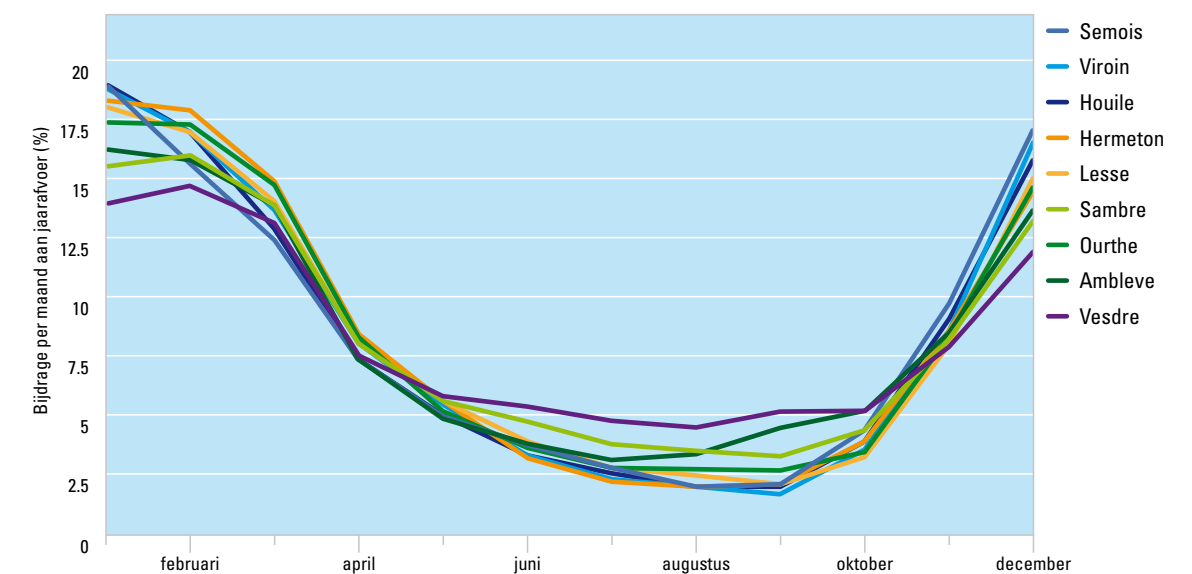
In het Midden-gebied is de curve duidelijk vlakker dan in het gebied van de Ardennen. Zo houdt het stroomgebied van de Geul relatief veel water vast gedurende de winter, wat met een vertraging tot afstroming komt. Verder hebben de Jeker en de Geleenbeek een opvallend vlak verloop. De Jeker ligt in een vlak gebied met een doorlatende bodem. Bij de Geleenbeek kan dit komen doordat een groot deel van de dataserie met die van de Jeker is opgevuld, dit afvoerregime is dus minder betrouwbaar.

In het Beneden-gebied hebben de afvoerregime-curves van de Swalm, Niers en Roer een relatief vlak verloop, wat in het geval van de Roer veroorzaakt wordt door de stuwweren in het stroomgebied en in het geval van de Niers en de Swalm de doorlatende bodem, het lage verhang en maatregelen ter beperking van de invloed van de mijnbouwactiviteit. In het stroomgebied van de Niers en de Swalm liggen wetlands, die zonder maatregelen door de mijnbouwdrainage droog zouden vallen. Om het droogvallen van deze ecologisch waardevolle wetlands te voorkomen wordt de grondwaterspiegel met behulp van infiltratieputten op peil gehouden. De Dieze daarentegen laat meer variatie zien, deze instroom is dan ook erg onderhevig aan sturing, watervraag van gebruikers en de instroom van RWZI's.

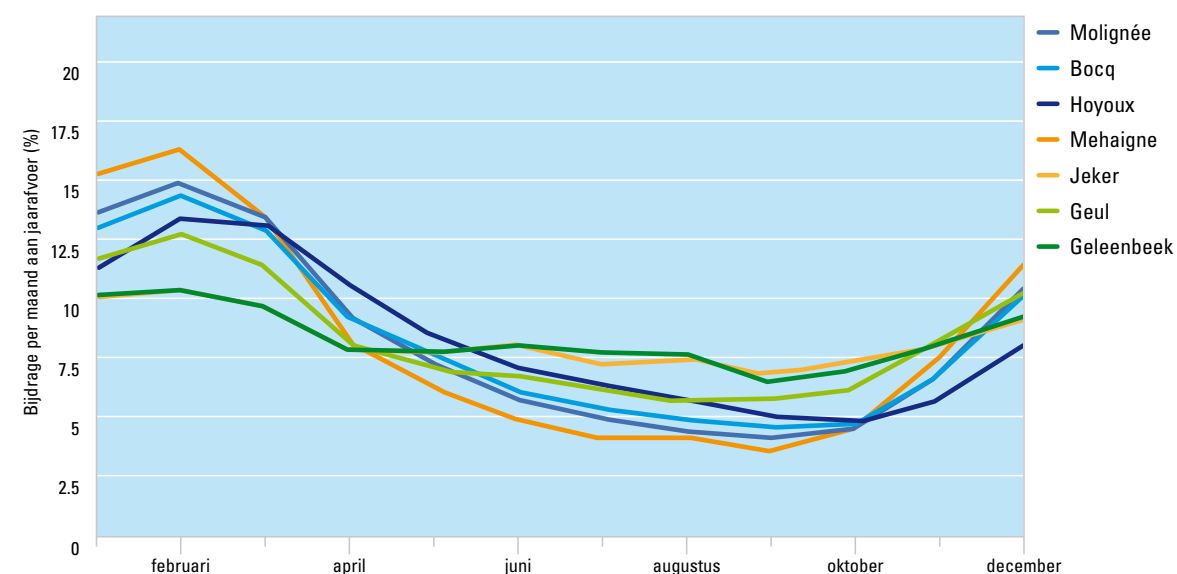
De afvoerregime-figures ondersteunen de indeling in de vier gebieden, al zijn er altijd redenen te verzinnen om een zijrivier in een ander gebied te plaatsen. Beïnvloeding door de mens zoals stuwweren en RWZI's maken het geheel complex.



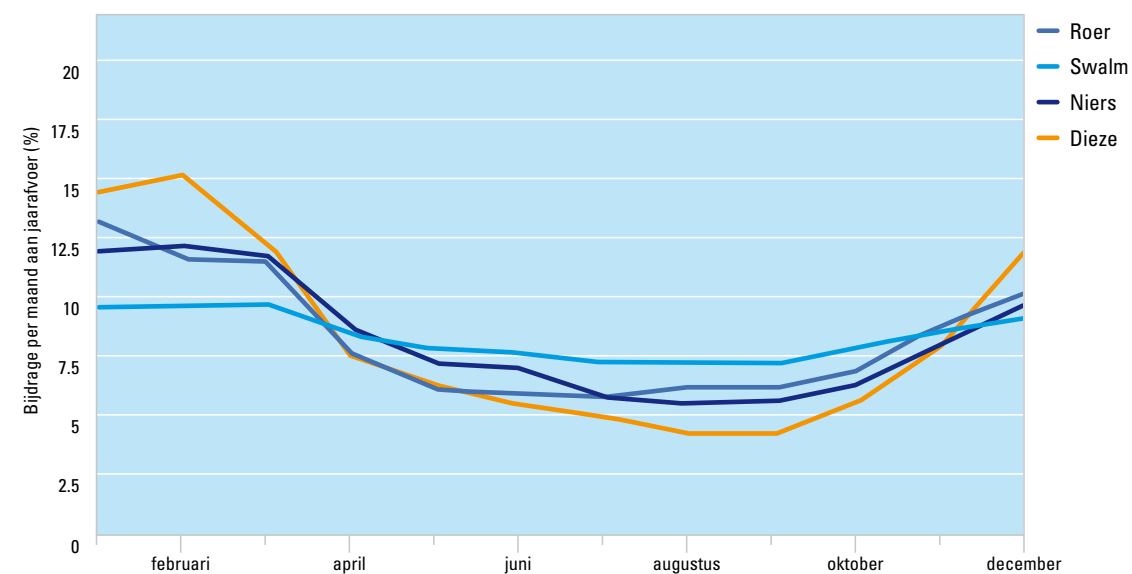
Figuur 16 Afvoerregime zijrivieren in gebied Boven op basis van metingen in de periode 1998-2020. Voor elke zijrivier is de percentuele bijdrage per maand t.o.v. van de jaarafvoer van de betreffende rivier weergegeven.



Figuur 17 Afvoerregime zijrivieren in gebied Ardennen op basis van metingen in de periode 1998-2020. Voor elke zijrivier is de percentuele bijdrage per maand t.o.v. van de jaarafvoer van de betreffende rivier weergegeven.



Figuur 18 Afvoerregime zijrivieren in gebied Midden op basis van metingen in de periode 1998-2020.
Voor elke zijrivier is de percentuele bijdrage per maand t.o.v. van de jaarafvoer van de betreffende rivier weergegeven.



Figuur 19 Afvoerregime zijrivieren in gebied Beneden op basis van metingen in de periode 1998-2020.
Voor elke zijrivier is de percentuele bijdrage per maand t.o.v. van de jaarafvoer van de betreffende rivier weergegeven.

5.3 Bijdrage zijrivieren - scatterplots

Vergelijkbare conclusies als bij de afvoerregimes kunnen ook getrokken worden als we kijken naar de scatterplots in Figuur 20. In dit figuur is de maandelijkse percentuele afvoer van elke zijrivier uitgezet tegen de “gemeten” afvoer te Keizersveer voor diezelfde maand voor de jaren 1998-2020. Elk punt in Figuur 20 is dus representatief voor een maand in de tijdreeks. Een rode punt geeft aan dat de betreffende maand in het zomerhalfjaar (april t/m september) valt en een blauwe punt in betekent dat de betreffende maand het winterhalfjaar (oktober t/m maart) valt.

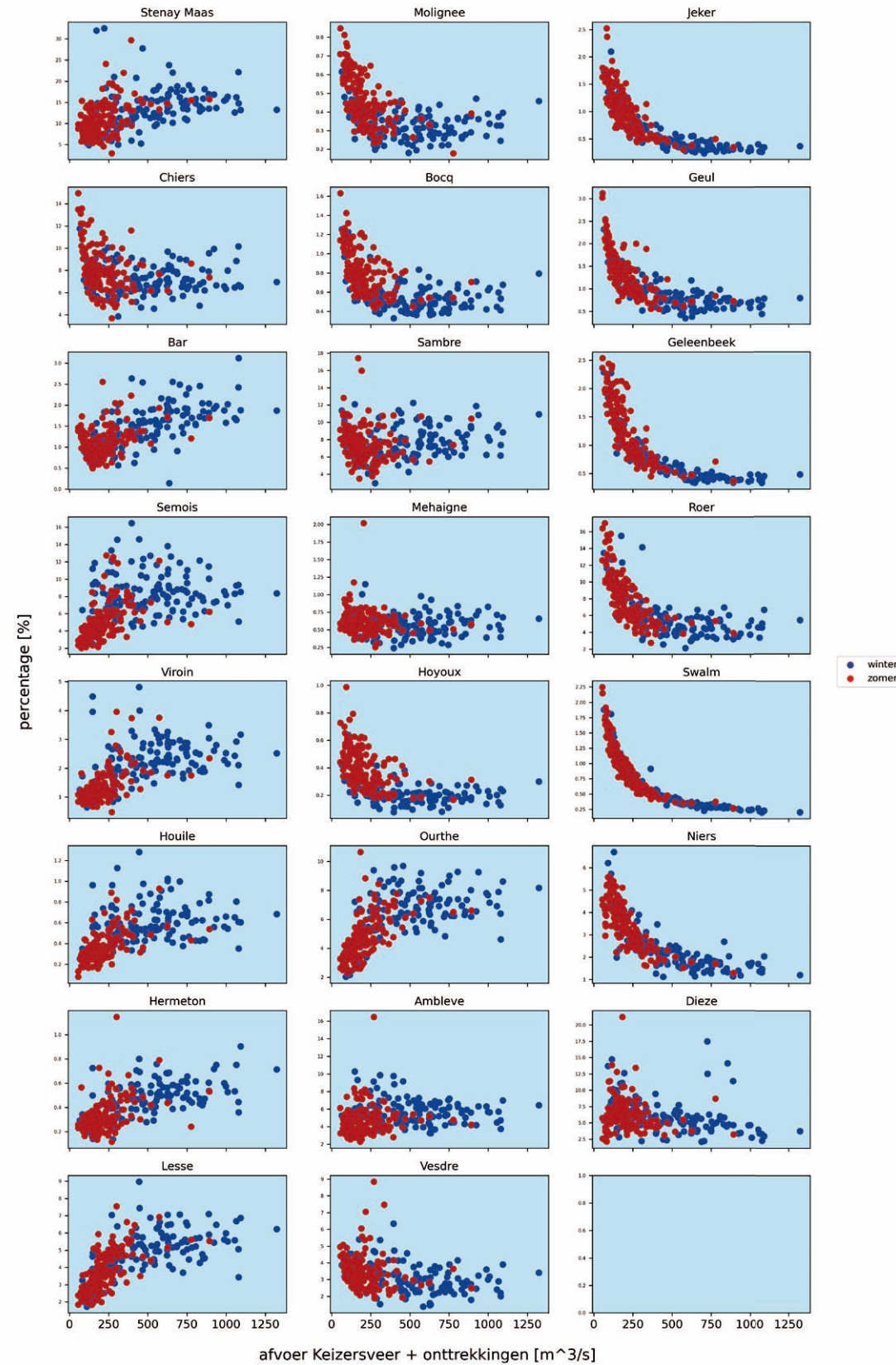
Wat in Figuur 20 duidelijk naar voren komt is dat de scatterplots van Molignee, Bocq, Hoyoux, Jeker, Geul, Geleenbeek, Roer en de Swalm een maanvormig patroon hebben. Dit betekent dat deze zijrivieren tijdens laagwater relatief meer bijdragen aan de afvoer van de Maas dan onder normale condities en gedurende hoogwater. Bij de Roer kan dit verklaard worden door het bovenstroomse stuwmeer wat het water reguleert over het seizoen. Bij de andere rivieren als de Geul komt dit door het vasthouden van het water en de vertraagde afstroom.

Bij de Sambre, Meuse, Amblève en Vesdre is de verdeling van de scatterplot min of meer horizontaal. Tijdens laagwater is de bijdrage van deze rivieren vergelijkbaar met een hoogwatersituatie. Voornamelijk de Amblève en Vesdre hebben een stroomgebied met een groot verhang en een slecht doorlaatbare bodem. Dat de scatterplot hier toch iets van een geheugen laat zien, komt waarschijnlijk door bovenstroomse stuwmuren die het water vasthouden. Ook de Sambre heeft een groot stuwmeer wat water vasthoudt. Bij de Meuse is het de ondergrond die het water langer vast houdt.

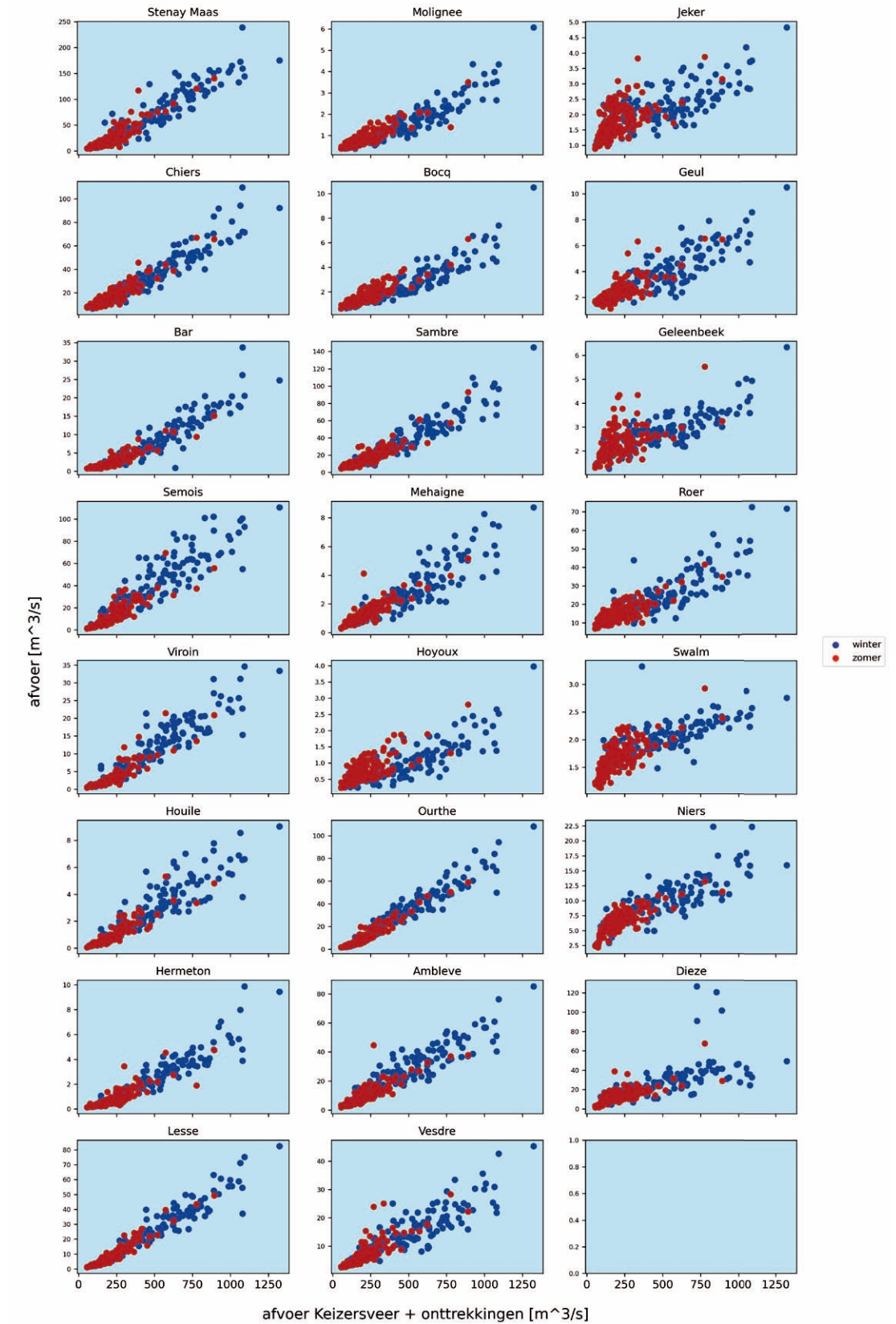
De Semois, Viroin, Houille, Hermeton, Lesse en Ourthe zijn duidelijk snel stromende rivieren met weinig geheugen. Tijdens hoogwater situaties wordt relatief meer afgevoerd dan tijdens laagwater situaties.

Voor het totaalbeeld zijn in Figuur 27 ook de figuren met absolute waarden weergegeven. Zoals verwacht neemt voor alle zijrivieren de absolute afvoer toe als de afvoer bij Keizersveer stijgt.

Figuur 20: Maandelijks percentuele afvoer van de zijrivieren uitgezet tegen de afvoer bij Keizersveer + onttrekkingen voor diezelfde maand voor de jaren 1998-2020. Elk punt is representatief voor een maand in de tijdreeks. Een rode punt geeft aan dat de betreffende maand in het zomerhalfjaar (apr-sept) valt en een blauwe punt in het winterhalfjaar (okt-mrt)



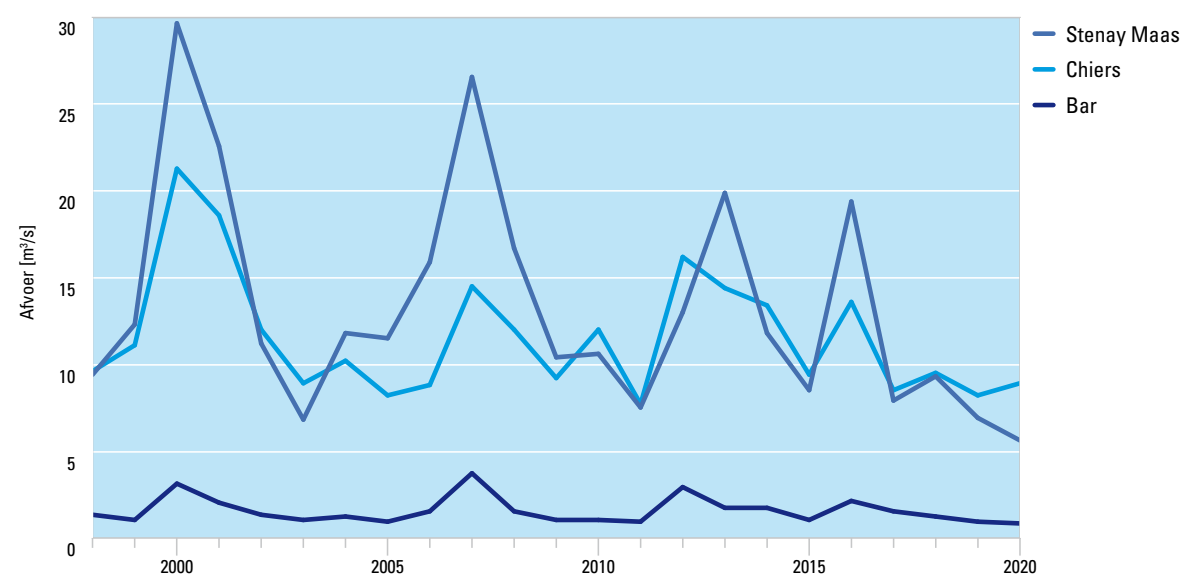
Figuur 21: Maandelijks absolute waarde van de afvoer van de zijrivieren uitgezet tegen de afvoer bij Keizersveer + onttrekkingen voor diezelfde maand voor de jaren 1998-2020. Elk punt is representatief voor een maand in de tijdreeks. Een rode punt geeft aan dat de betreffende maand in het zomerhalfjaar (apr-sept) valt en een blauwe punt in het winterhalfjaar (okt-mrt)



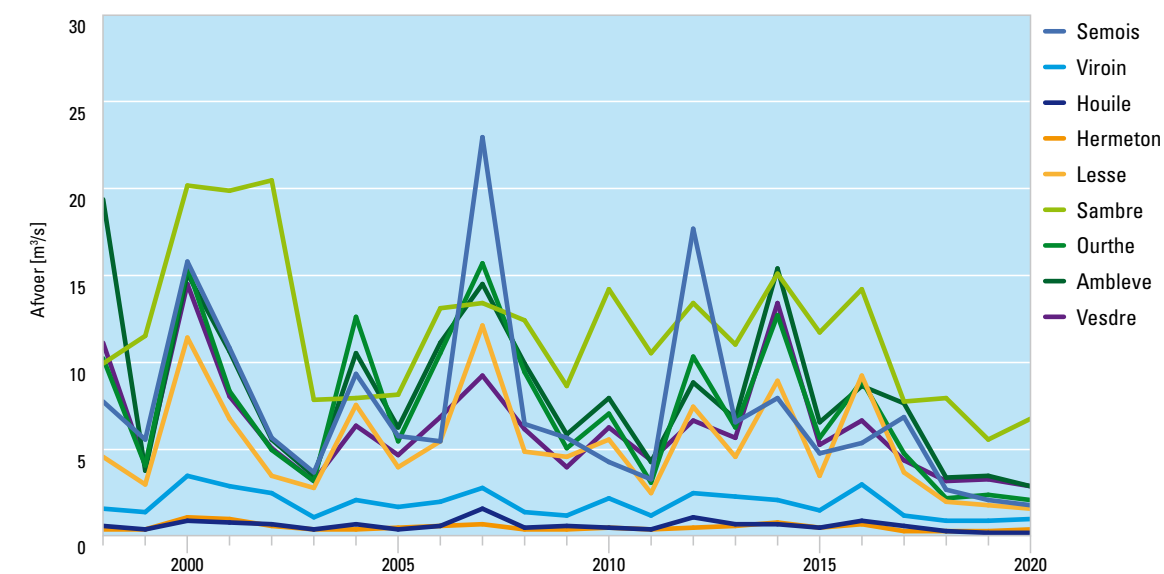
5.4 Bijdrage zijrivieren – zomerafvoer

In de vorige paragraaf hebben we reeds gezien dat de percentuele bijdrage van de zijrivieren aan de Maas-afvoer per jaar varieert. Om nog een beter beeld te krijgen van de bijdrage van de individuele zijrivieren is in Figuur 22 t/m Figuur 25 per jaar de gemiddelde zomerafvoer (juli t/m aug) weergegeven in de jaren 1998-2020. In de figuren vallen de volgende dingen op:

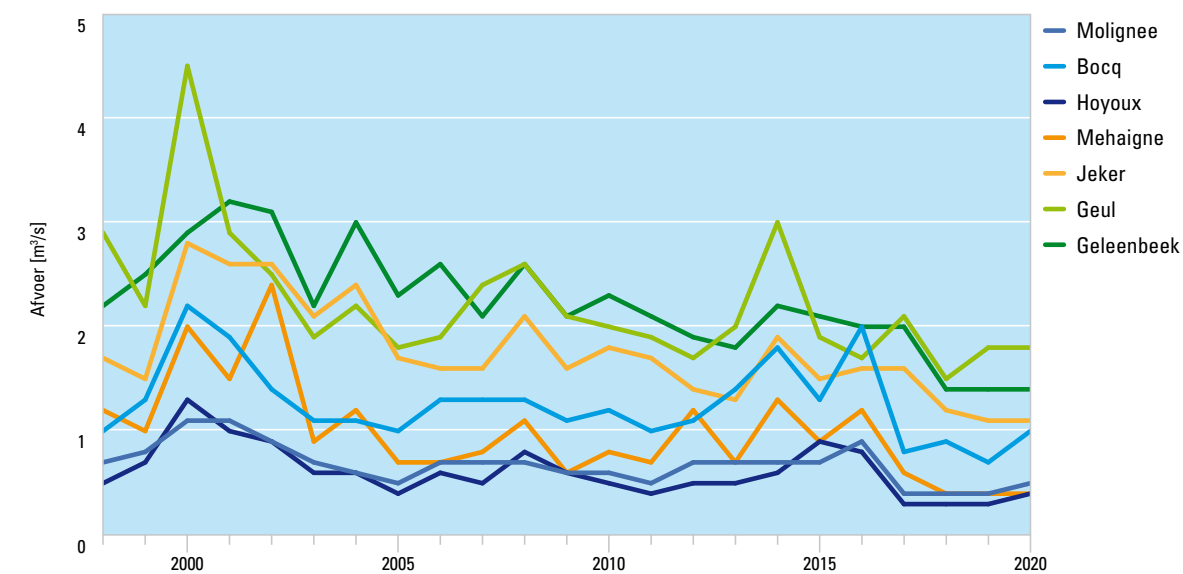
- Er komt naar voren dat de bijdrage van de meeste zijrivieren op z'n laagst is in de jaren 2019 en 2020. Naar verwachting komt dit door uitputting van de watervoerende aquifers na vier droge zomers achter elkaar (2017-2020). In de winters waren niet nat genoeg om de grondwaterstanden voldoende te laten herstellen, en hierdoor is het geheugen van de aquifers ook gereduceerd.
- Verder laten rivieren als de Stenay, Semois, Ourthe, Ambleve, Vedre en Lesse veel variatie over de jaren zien.
- De afvoer van de Dieze lijkt zeer gevoelig voor natte en droge jaren. Wat hierbij opvalt is dat de afvoer is relatief hoog in de droge zomers van 2011 en 2017. Echter in deze zomers was vooral het voorjaar droog terwijl Figuur 24 de gemiddelde afvoer over de maanden juli t/m september laat zien. In augustus 2011 vielen er extreme hoosbuien welke de afvoer flink lieten toenemen. Ook was september 2017 erg nat.
- Er lijkt een neerwaartse trend te zijn in de afvoer van meerdere zijrivieren (o.a. Jeker, de Roer en de Niers). Echter, de tijdserie is te kort om een trend vast te kunnen, daarbij is al eerder opgemerkt dat de eerste jaren van de 23 jarige tijdserie relatief nat waren en de laatste jaren relatief droog. Dit kan een vertekenend beeld geven.



Figuur 22 Zomerafvoer juli t/m aug per jaar van alle zijrivieren liggend in gebied Boven.



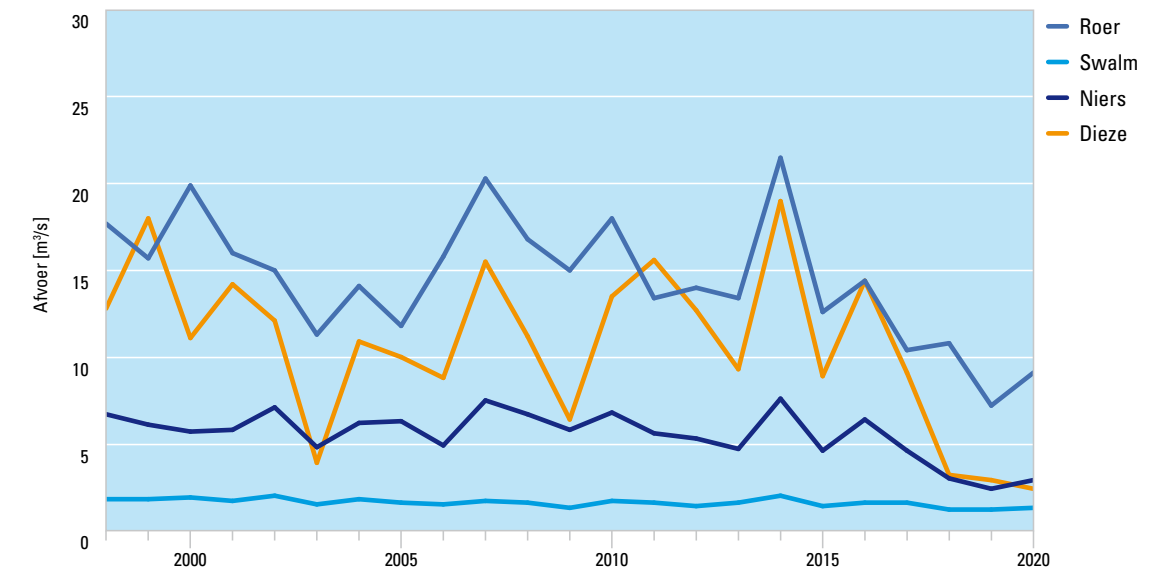
Figuur 23 Zomerafvoer juli t/m aug per jaar van alle zijrivieren liggend in gebied Ardennen.



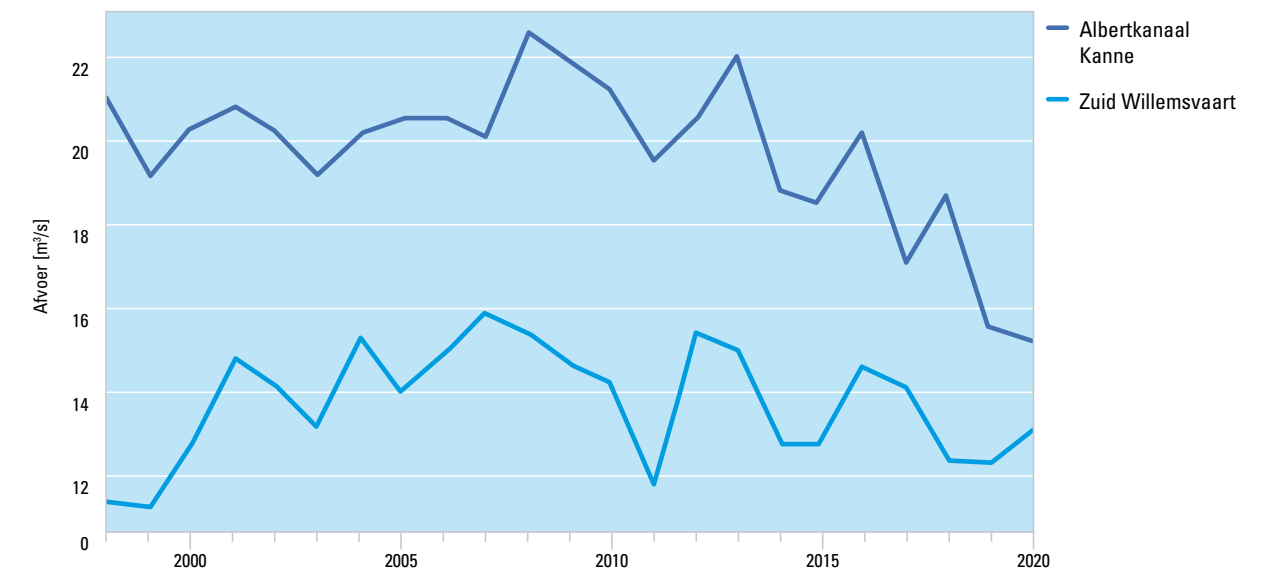
Figuur 24 Zomerafvoer juli t/m aug per jaar van alle zijrivieren liggend in gebied Midden.

In Figuur 26 zijn per jaar de onttrekkingen in de drie zomermaanden weergegeven. De onttrekking van het Albertkanaal is de laatste jaren afgenomen, dit heeft geleid tot hogere beschikbaarheid van water in de hoofdstroom van de Maas. De daling van de onttrekkingen in de zomermaanden heeft te maken met de kortingen volgens het Maasafvoeroverdrag. Naarmate de ongedeelde afvoer van de Maas (bij Monsin) daalt, mag minder water naar het Albert kanaal gaan. Echter, tot voor kort was het voor Vlaanderen heel moeilijk om haar onttrekkingen te beperken. In overleg met RWS, onttrok Vlaanderen soms meer water.

In de periode 2015-2020 zijn bij de sluizen in het Albertkanaal steeds meer pompen geplaatst. Het schutwater kan nu op steeds meer sluizencomplexen teruggepompt worden, waardoor Vlaanderen zich steeds beter kan houden aan het verdrag en minder water onttrekt tijdens droge perioden (email communicatie Aleksandra Jaskula Joustra, mei 2021). Uit de Jong (2020) blijkt dat het in 2017 en 2018 niet is gelukt om het Maasafvoeroverdrag te volgen, er werd destijds alleen gepompt bij Ham en Olen. In 2019 is het wel gelukt dankzij de mobiele nieuwe pompinstallaties bij Diepenbeek en Genk.



Figuur 25 Zomerafvoer juli t/m aug per jaar van alle zijrivieren liggend in gebied Beneden.



Figuur 26 Zomerafvoer juli t/m aug per jaar van de onttrekkingen.



5.5 Bijdrage zijrivieren – taartdiagram Keizersveer

In deze paragraaf wordt de relatieve bijdrage van elke zijrivier aan de Maasafvoer tot aan Keizersveer per zomer in een taartdiagram weergegeven. Figuur 27 en Figuur 28 (en Tabel 6) geven taartdiagram voor respectievelijk zes droge en natte zomers (juli-november). De maandgemiddelde afvoeren van de Maas in deze droge en natte maanden is weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5 Maandgemiddelde afvoer van alle zijrivieren bovenstrooms van Keizersveer tijdens zes droge zomers en zes natte zomers.

Droge zomers					
Jaar	Q juli [m³/s]	Q aug [m³/s]	Q sept [m³/s]	Q okt [m³/s]	Q nov [m³/s]
2003	87	67	65	81	90
2011	78	106	86	85	70
2017	78	77	109	121	242
2018	70	65	64	57	70
2019	58	57	49	129	256
2020	63	48	59	114	109

Natte zomers					
Jaar	Q juli [m³/s]	Q aug [m³/s]	Q sept [m³/s]	Q okt [m³/s]	Q nov [m³/s]
2000	287	180	155	240	521
2001	131	110	250	226	355
2007	206	226	143	136	243
2012	225	111	90	214	238
2014	163	190	142	198	243
2016	198	137	83	83	134

Tijdens droge zomers wordt de grootste bijdrage geleverd door de Maas te Stenay (8-14%), de Chiers (9-16%), de Sambre (9-12%) en de Roer (12-16%). Opmerkelijk is de sterk variërende bijdrage van de Dieze, van klein (4-5% in 2003 en 2018-2020) tot groot (10% in 2017 en zelfs 17% in 2011). In de natte zomers neemt de afvoer afkomstig uit de Ardennen (Lesse, Ourthe, Ambleve en Vesdre) aanzienlijk toe, dit kan verklaard worden door het snel reagerende vermogen van deze stroomgebieden.

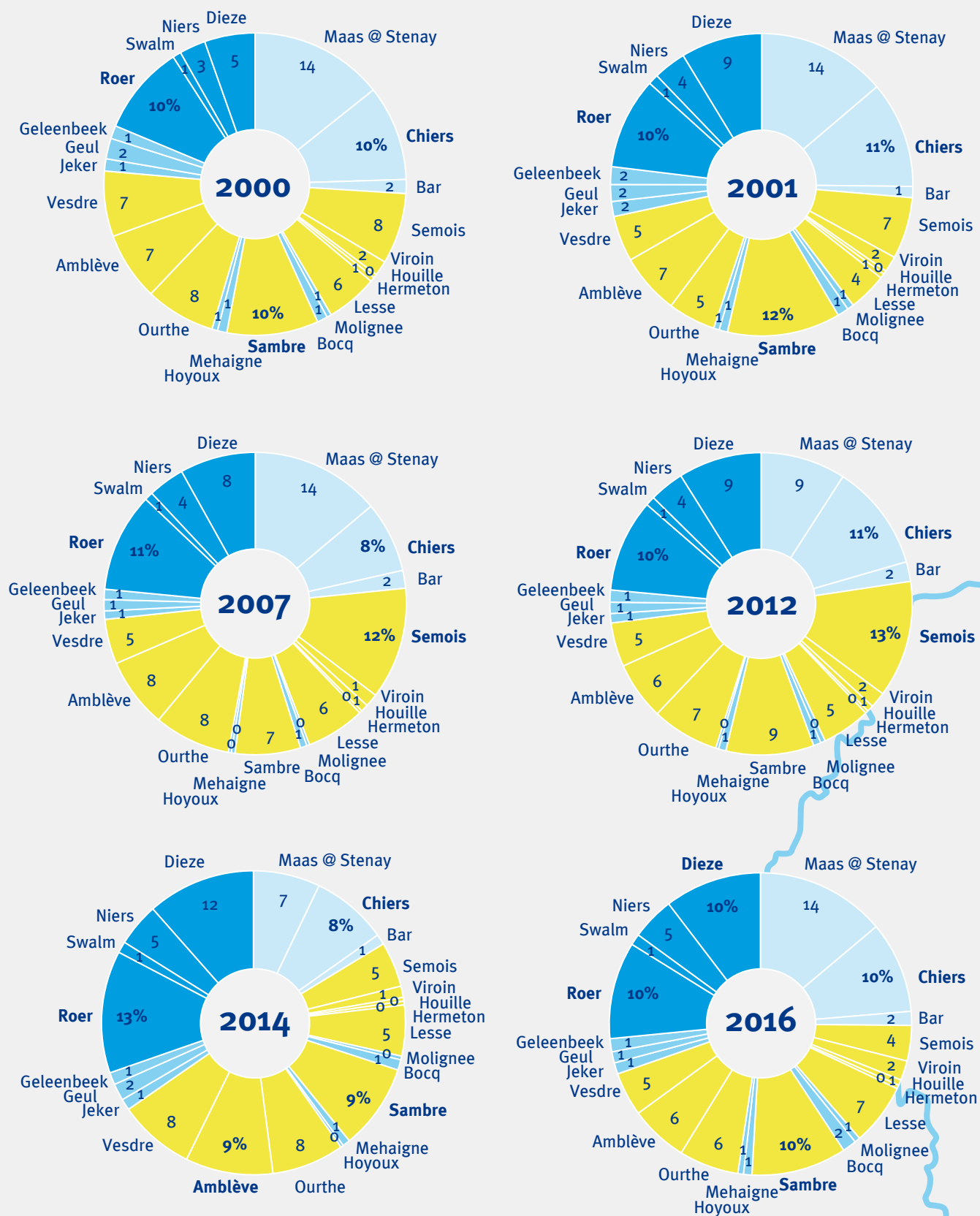
De bijdrage van de Dieze is in 2011 en 2017 erg hoog. In 2011 kan dit verklaard worden door de aanwezigheid van hoosbuien in augustus, een kenmerk van hoosbuien is dat deze erg lokaal vallen. Hierdoor was de relatieve bijdrage van de Dieze erg hoog. Voor 2017 geldt verder dat september erg nat was in Nederland. In 2017 was het voorjaar relatief nat.

Figuur 27 Percentuele bijdrage aan de Maas afvoer tot aan Keizersveer voor de maand juli t/m sept voor 6 natte en 6 droge jaren (pagina 50 en 51).

Figuur 27

KEIZERSVEER

natte zomers



Percentuele bijdrage aan de Maas afvoer tot aan Keizersveer voor de maanden juli t/m september voor 6 natte jaren.

benedenloop

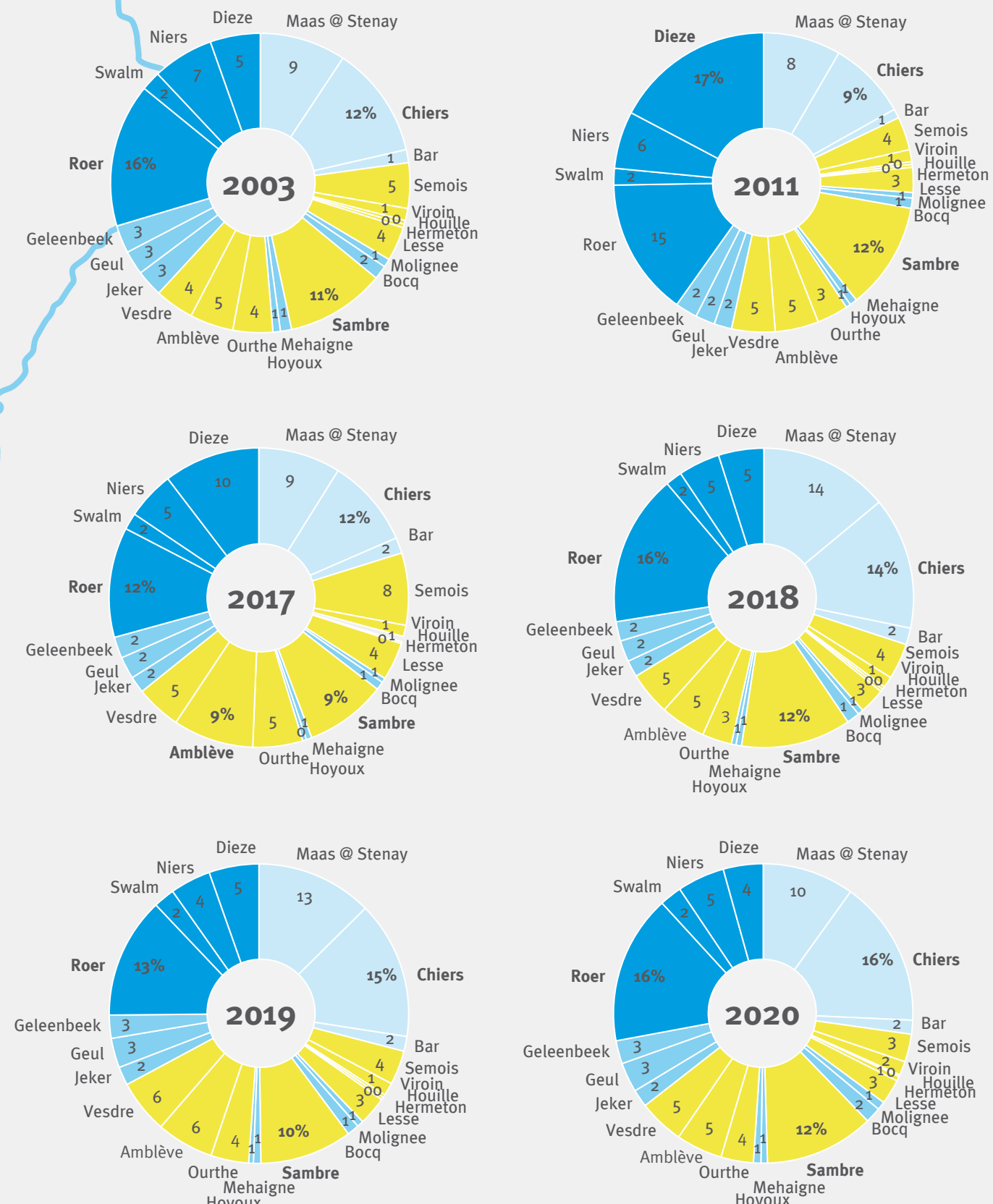
middenloop

Ardennen

bovenloop

KEIZERSVEER

droge zomers



Percentuele bijdrage aan de Maas afvoer tot aan Keizersveer voor de maanden juli t/m september voor 6 droge jaren.

benedenloop

middenloop

Ardennen

bovenloop

Tabel 6 Percentuele bijdrage aan de Maas afvoer tot aan Keizersveer voor de maand juli t/m sept voor 6 droge jaren. De totaalafvoer is de som van alle bemeten zijrivieren.

Stroomgebiedsdeel	Bijdrage per zijrivier aan totaalafvoer in juli-sept [%]						Oppvl.	Gemiddeld	Oppervlakte
	2020	2019	2018	2017	2011	2003	km²	%	%
Boven									
Stenay	9,8	12,5	13,9	8,9	8,5	9,3	3904		
Chiers	15,8	14,9	14,2	9,7	8,7	12,2	2222		
Bar	1,5	1,6	1,8	1,6	1,1	1,4	389		
	27,2	29,0	29,9	20,2	18,2	22,9	6515,0	25	26,6
Ardenne									
Semois	3,0	3,6	3,8	7,3	3,6	4,8	1358		
Viroin	1,5	1,4	1,2	1,2	1,3	1,3	593		
Houile	0,2	0,3	0,3	0,6	0,3	0,4	186		
Hermeton	0,5	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	161		
Lesse	2,6	3,0	2,8	3,9	2,7	3,7	1314		
Sambre	11,7	10,0	11,9	9,0	11,6	10,7	2863		
Ourthe	3,5	4,1	3,2	5,2	3,3	4,3	1597		
Ambleve	5,0	6,2	4,9	8,4	4,6	4,7	1044		
Vesdre	5,0	5,8	4,7	5,0	4,6	4,2	677		
	32,9	34,7	33,1	40,8	32,3	34,6	9793,0	35	40,0
Midden									
Molignee	0,9	0,7	0,6	0,5	0,6	0,9	127		
Bocq	1,7	1,3	1,4	0,9	1,1	1,5	188		
Hoyoux	0,8	0,5	0,5	0,4	0,5	0,8	246		
Mehaigne	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8	1,2	345		
Jeker	1,9	2,0	1,8	1,8	1,9	2,9	463		
Geul	3,3	3,3	2,3	2,4	2,1	2,6	338		
Geleenbeek	2,6	2,5	2,1	2,4	2,4	3,0	203		
	11,8	11,0	9,3	9,1	9,3	13,0	1910,0	11	7,8
Beneden									
Roer	16,4	13,1	16,5	12,2	14,8	15,7	2105		
Swalm	2,4	2,3	1,8	1,8	1,8	2,1	130		
Niers	5,1	4,4	4,5	5,3	6,2	6,6	1220		
Dieze	4,2	5,4	5,0	10,6	17,2	5,1	2800		
	28,0	25,2	27,7	29,9	40,1	29,6	6255,0	30	25,6
Totaal	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	24473	100,0	100,0

5.6 Bijdrage zijrivieren - taartdiagram Heel en Monsin

In Figuur 28 en Figuur 29 is een vergelijkbare plot gemaakt, alleen zijn dan slechts de zijrivieren tot aan respectievelijk Heel en Monsin meegenomen. Naast de grote bijdrage van Stenay, Chiers en Sambre komen nu ook de Semois, Ourthe, Ambleve en Vesdre in zicht als middelgrote rivieren.

Figuur 28 Percentuele bijdrage aan de Maas afvoer te Heel voor de maand juli t/m sept voor 6 natte en 6 droge jaren (pagina 54 en 55).

Figuur 29 Percentuele bijdrage aan de Maas afvoer te Monsin voor de maand juli t/m sept sept voor 6 natte en 6 droge jaren (pagina 56 en 57).



Het Albertkanaal.

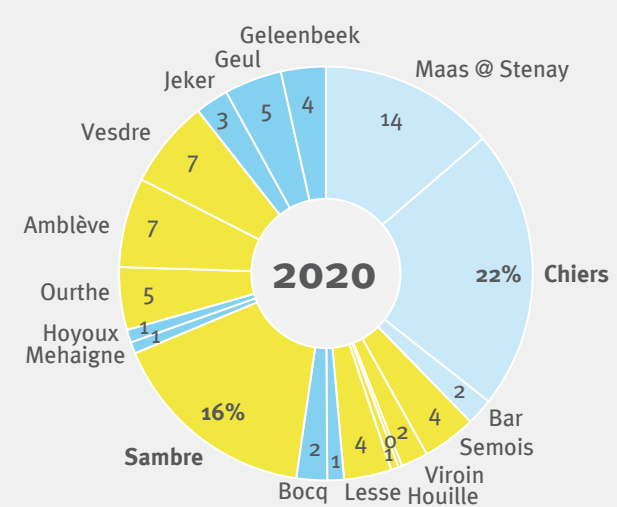
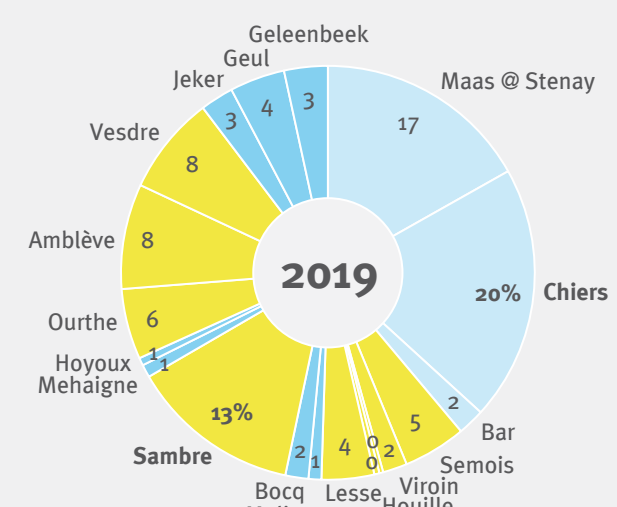
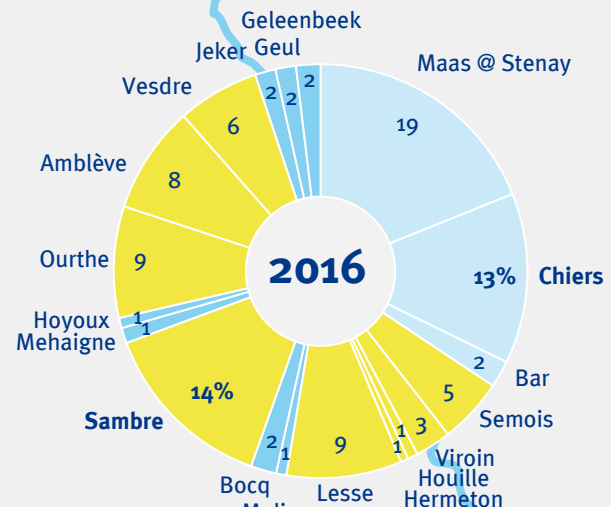
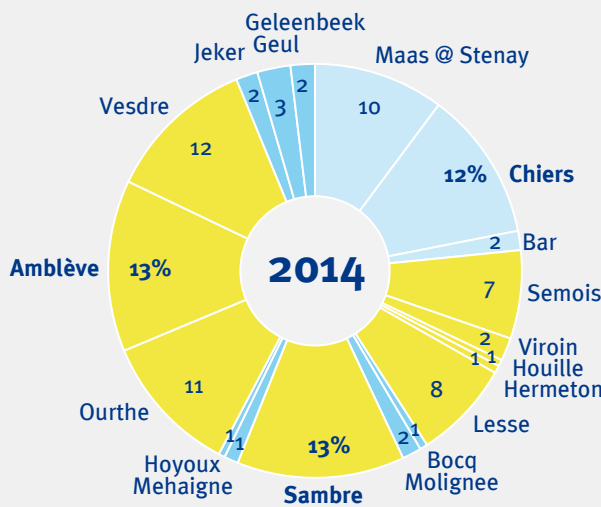
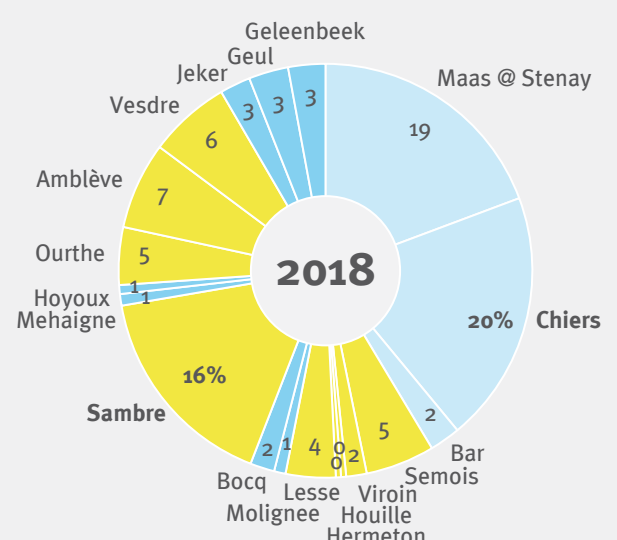
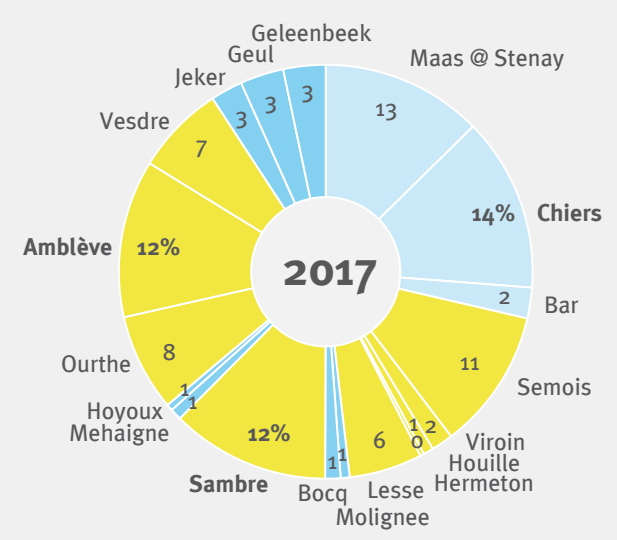
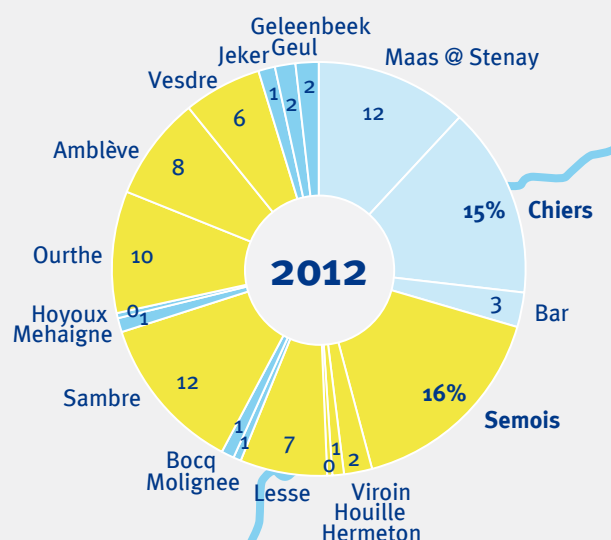
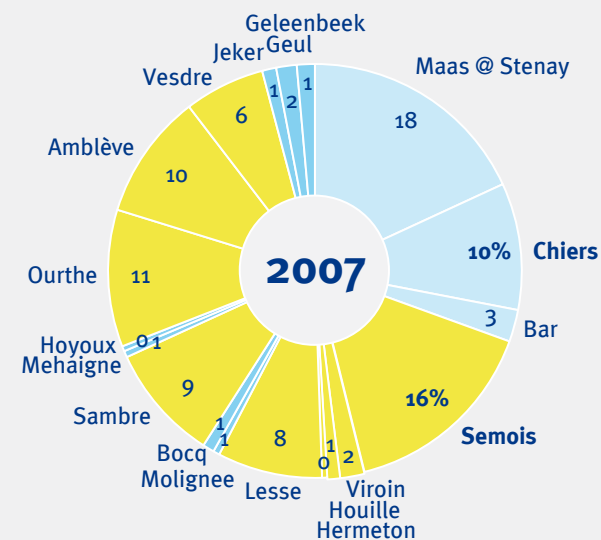
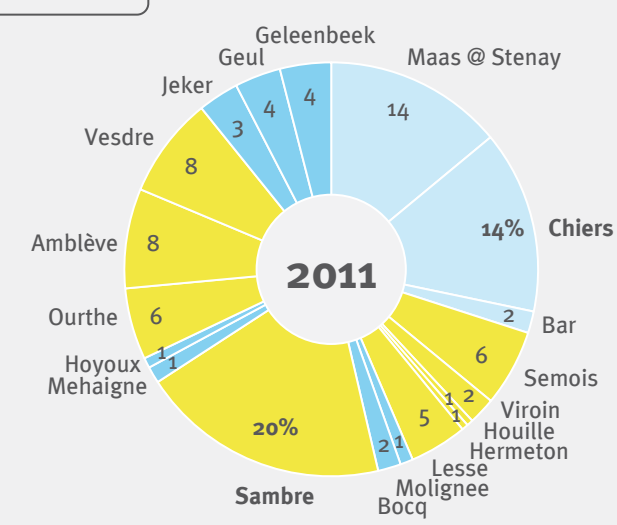
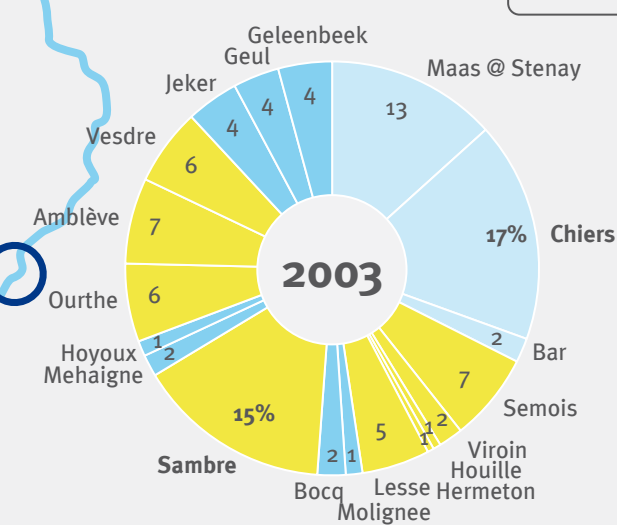
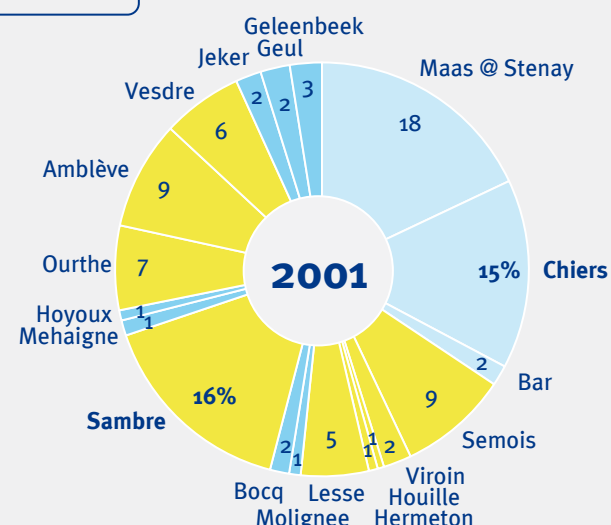
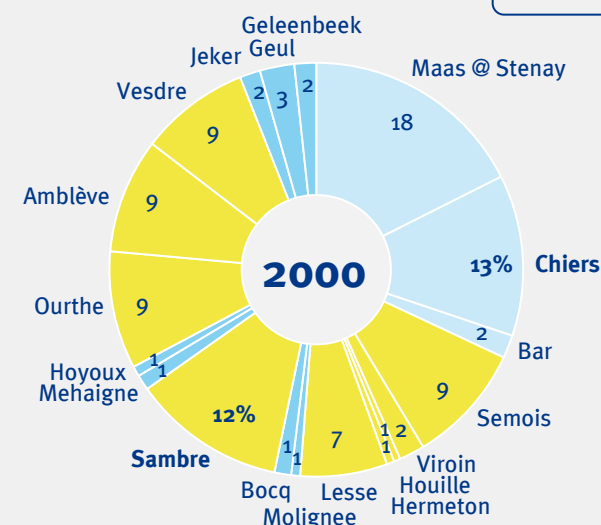
Figuur 28

HEEL

natte zomers

HEEL

droge zomers



Percentuele bijdrage aan de Maas afvoer tot aan Keizersveer voor de maanden juli t/m september voor 6 natte jaren.

Percentuele bijdrage aan de Maas afvoer tot aan Keizersveer voor de maanden juli t/m september voor 6 droge jaren.

middenloop

Ardennen

bovenloop

middenloop

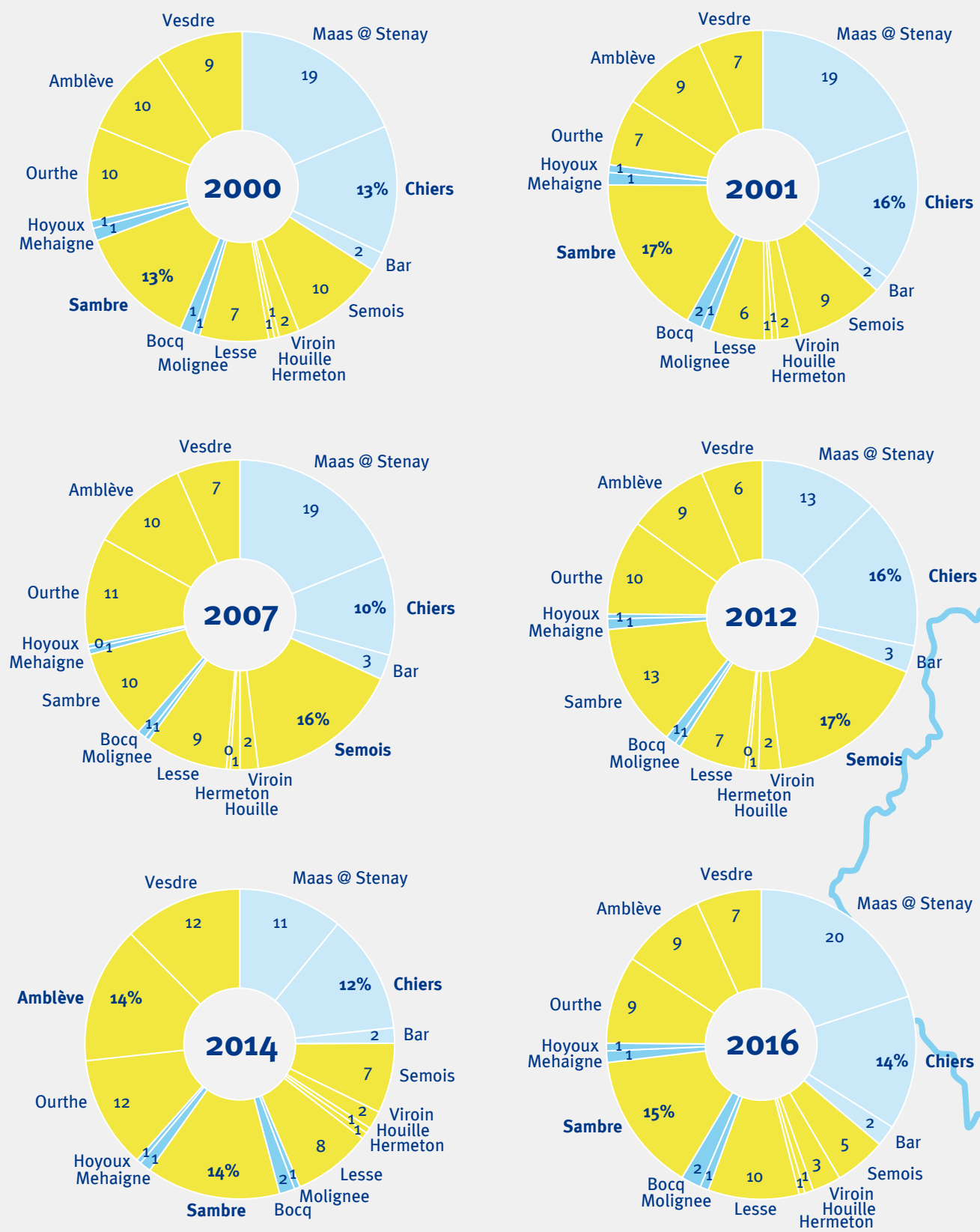
Ardennen

bovenloop

Figuur 29

MONSIN

natte zomers



Percentuele bijdrage aan de Maas afvoer tot aan Keizersveer voor de maanden juli t/m september voor 6 natte jaren.

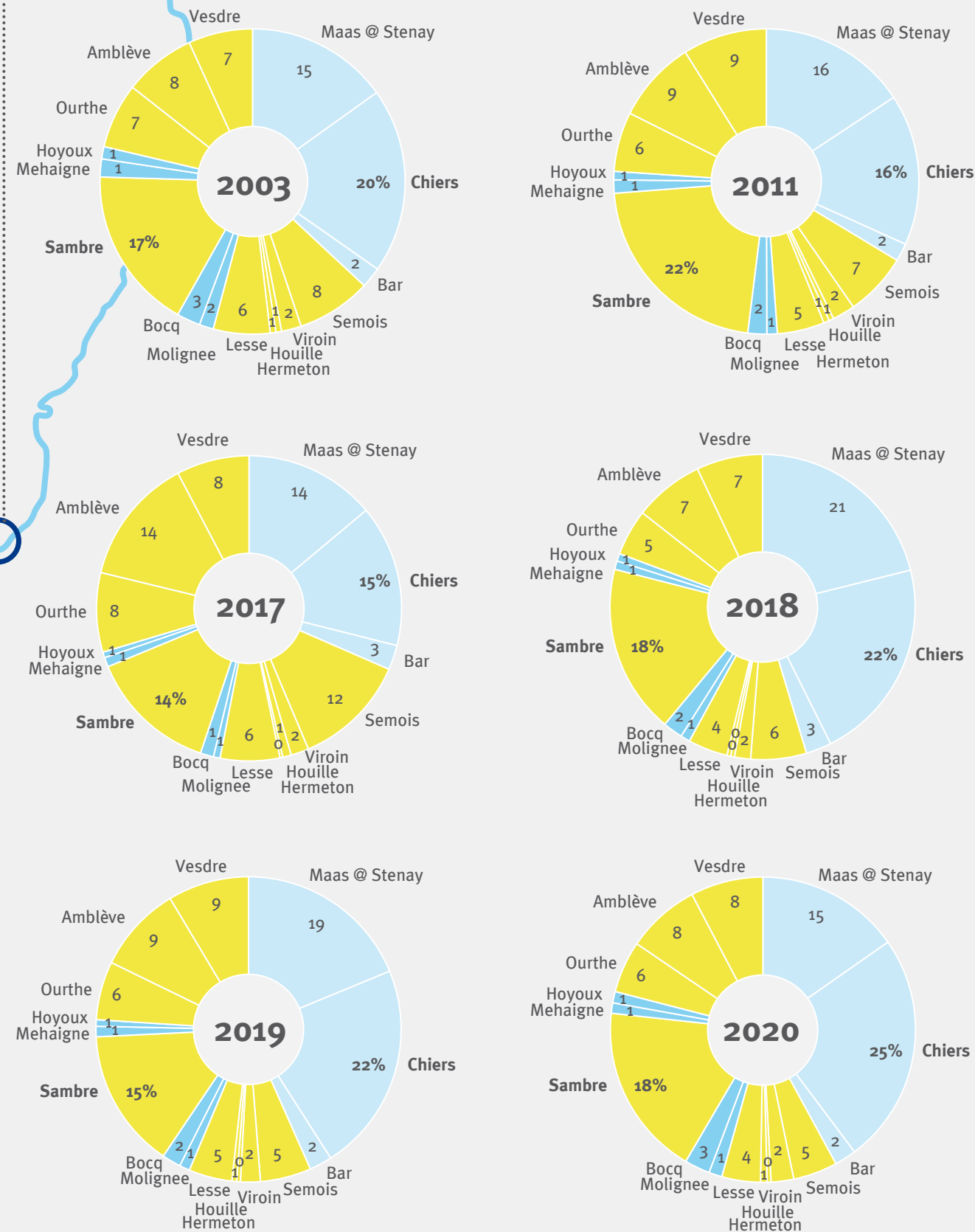
middenloop

Ardennen

bovenloop

MONSIN

droge zomers



Percentuele bijdrage aan de Maas afvoer tot aan Keizersveer voor de maanden juli t/m september voor 6 droge jaren.

middenloop

Ardennen

bovenloop

6

Conclusies en aanbevelingen

De Niers.

6.1 Conclusies

In deze studie is een 23-jarige (1998-2020) dataset opgezet met daarin de 18 belangrijke zijrivieren van de Maas, 2 onttrekkingen (Albertkanaal en Zuid-Willemsvaart) en 5 meetstations in de hoofdstroom van de Maas. De data is gevalideerd en waar nodig opgevuld om een goed werkbaar dataset te krijgen. Vanwege begroeiing is de data van de Geleenbeek in deze studie minder betrouwbaar.

Om inzicht te krijgen in de bijdrage van de zijrivieren is op basis van literatuur en de verkregen dataset het stroomgebied van de Maas opgedeeld in vier gebieden:

- **Boven:** het bovengebied van de Maas bevat het stroomgebied bovenstrooms van Stenay, de Chiers en de Bar. Vanwege het bufferend vermogen van de ondergrond, leveren deze zijrivieren tijdens laagwater een relatief grote bijdrage aan de afvoer van de Maas. Tijdens laagwater is de bijdrage circa 25%, wat overeenkomt met het oppervlakte circa 6500 km² (26,5% van het bemeten stroomgebied) bedraagt.
- **Ardennen:** In de Ardennen liggen de zijrivieren Semois, Viroin, Houille, Hermeton, Lesse, Sambre, Ourthe, Ambleve en Vesdre. Het gebied beslaat een oppervlakte van circa 10.000 km² (40%). De slechte doorlatendheid van de ondergrond in het stroomgebied en het grote verhang dragen bij aan een snelle afvoer van de gevallen neerslag. De bijdrage van dit gebied aan hoogwatergolven is daarom groot, de bijdrage aan lage afvoeren relatief gering. Toch is de afvoer in de zomer van dit gebied niet verwaarloosbaar. Zelfs in de zomer van 2020, de vierde droge zomer op rij, was de bijdrage van dit gebied aan de Maasafvoer toch nog 32%. De grootste bijdrage wordt hier geleverd door de Sambre, welke een groot stuwmeer bovenstrooms bevat, welke mede voor de scheepvaart tijdens laagwater wordt ingezet.
- **Midden:** De middenloop bevat de zijrivieren Molinee, Bocq, Hoyoux, Mehaigne, Jeker, Geul en Geleenbeek. De rivieren zijn gelegen in een vlak gebied met doorlaatbare bodem. Het gebied beslaat een oppervlakte van circa 1900 km² (8%). De bijdrage van dit gebied aan de totaalafvoer van de Maas is relatief laag (9 tot 13%), echter vrij constant. Hierdoor dragen deze zijrivieren tijdens laagwater relatief meer bij dan tijdens hoogwaterperiodes. De Geleenbeek wordt overigens sterk beïnvloed door de bijdrage van RWZI's.
- **Beneden:** Dit gebied beslaat zo'n 26% van het bemeten stroomgebied van de Maas. De belangrijkste zijrivieren zijn Roer, Swalm, Niers en Dieze. Net als in het gebied "Midden" dragen de Roer, Swalm en Niers tijdens laagwater relatief gezien meer bij aan de Maasafvoer (circa 20%) dan tijdens hoogwater (circa 15%). Dit kan mede verklaard worden door de bovenstroomse stuwmuren, bodemopbouw en topografie. De afvoer van de Dieze reageert sterker op droge periodes dan de overige zijrivieren in dit gebied. Deze afvoer is mede afhankelijk van de afvoer van de Zuid-Willemsvaart en RWZI's.

Wat betreft de bijdrage van individuele zijrivieren aan de totale afvoer van de Maas, kan het volgende worden geconcludeerd (zie Figuur 28 en 29). Tijdens droge zomers wordt de grootste bijdrage geleverd door de Maas te Stenay (8-14%), de Chiers (9-16%), de Sambre (9-12%) en de Roer (12-16%). Opmerkelijk is de sterk variërende bijdrage van de Dieze, van klein (4-5% in 2003 en 2018-2020) tot groot (10% in 2017 en zelfs 17% in 2011).

In natte zomers neemt de afvoer afkomstig uit de Ardennen (Lesse, Ourthe, Ambleve en Vesdre) aanzienlijk toe, dit kan verklaard worden door het snel reagerende vermogen van deze stroomgebieden op neerslag.

De Maasafvoer wordt naast de instroom van de zijrivieren ook bepaald door de onttrekkingen van het Albertkanaal en de Zuid-Willemsvaart. De onttrekkingen van het Albertkanaal tijdens droge perioden zijn de laatste jaren afgenomen door de installatie van pompen die het schutwater terug kunnen pompen, dit heeft geleid tot een hogere beschikbaarheid van water in de hoofdstroom van de Maas. Overige onttrekkingen, zoals innames voor de industrie of drinkwater, zijn in deze studie niet meegenomen.

Uit analyses van de datareeksen komen grove patronen naar voren wanneer we kijken naar de bijdrage van de zijrivieren tijdens hoog- en laagwater. Echter, toch is elke laagwaterperiode weer anders. De afvoer wordt dan ook mede beïnvloed door de neerslag die lokaal valt en de buffer in de bodem, welke weer afhankelijk is van de historische neerslag. De hoeveelheid neerslag is niet te beïnvloeden. Echter, wat wel beïnvloedbaar is, zijn sturingsmogelijkheden in het gebied. Daarbij kan men denken aan het stuwbeheer van de Roer en de Sambre, de onttrekkingen van de kanalen en andere gebruikers, maar ook het groot-schalig grondwaterbeheer, dat in het Beneden-gebied door de bruinkoolmijnbouw is beïnvloed. Ook kunnen verandering in landgebruik effect hebben op het geheugen van een Maas, echter dit is niet direct stuurbaar. Wel is het belangrijk om structurele veranderingen in het stroomgebied in de gaten te houden.

Kijkend naar de afvoerseries van de Roer in de zomermaanden, lijkt er een dalende trend aanwezig te zijn. Of er ook werkelijk minder water wordt afgevoerd in de zomer is niet onderzocht, het kan ook komen doordat het begin van de 23-jarige tijdserie relatief nat was en de dataset droog eindigde. Daarnaast speelt in het Roer stroomgebied het stopzetten van de bruinkoolwinning in het jaar 2030 (Becker 2018). Gegeven het grote belang van de Roer voor het op peil houden van de afvoer van de Maas tijdens droge zomers, is het raadzaam om hier vinger aan de pols te houden.

6.2 Aanbevelingen

In deze studie is gebruik gemaakt van afvoertijdseries. Het geheugen van de Maas kon niet goed in beeld gebracht worden. Er zijn wel aanwijzingen dat die geheugenfunctie belangrijk is. Zo is het frappant om waar te nemen dat de bijdrage van de meeste zijrivieren aan de afvoer van de Maas in de zomer van 2019 en 2020 relatief laag was (Figuren 23-26). Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de watervoerende aquifers onvoldoende hersteld waren na drie droge jaren op rij. Om nog duidelijkere patronen te herkennen en het geheugen van de Maas te kunnen testen, zou aanvullend neerslagdata gebruikt kunnen worden en ook naar de grondwaterstanden in het stroomgebied moeten worden gekeken.

Voor het bepalen van de oppervlaktes in het stroomgebied is gebruik gemaakt van Berger, 1994. Aanbevolen wordt om de oppervlakten opnieuw te bepalen tot aan het meetpunt. En ook het onbemetende deel van de Maas duidelijk in beeld te brengen.

7

Literatuur

De Lesse.

Bachmann et al., 2007

The large-scale groundwater model Rurscholle. Grundwasser 12 (1), 26–36.

Bachmann, D.; Becker, B.; van Linn, A.; Köngeter, J. DOI 10.1007/s00767-007-0020-2

Becker, 2018

Hotspotanalyse Maas, Becker, B., Deltares, memo No. 11200588-019-ZWS-0003-v3.

Becker & Klauder, 2007

Gekoppeldes Grundwassermodell Erftscholle, Rurscholle und Venloer Scholle / Prognoserechnungen.

Wissenschaftliche Untersuchung im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen No. Bericht I/2007.

Berger, 1994

Hydrologische systeembeschrijving Maas, Notanr. : 94.022, ISBN-NR. : 9036901642,

H.J.E. Berger en A.L. Mugie, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Juni 1994

Bouaziz, 2020

Oorsprong van Maaswater tijdens de droogte van 2019, versie 0.1, juni 2020, Deltares, 1205325-010-ZWS-0001

De Jong, 2020

KBN – Stresstest droogte Maas – Bedreiging Klimaatverandering.

Beschrijving karakteristieke droge jaren met stationaire afvoerniveaus, bijlage E. Deltares memo, 11205274-004, 18 juli 2020

De Jong, 2020b

Ontwikkeling zesde-generatie Maasmodel, Modelbouw, kalibratie en validatie, bijlage C.5.3,

Jurjen de Jong, Deltares rapport, 11200569-003, 2020,

De Wit, 2008

Van Regen tot Maas, Grensoverschrijdend waterbeheer in droge en natte tijden.

Het verhaal van de Maas, 2019

Het verhaal van de Maas, de Maas uit balans? Het Platform Rivierkennis van Rijkswaterstaat

IMC, 2020

Concept plan van aanpak voor de beheersing van uitzonderlijke laagwatersituaties in het stroomgebied van de Maas. Internationale Maas Commissie.

Jaskula-Joustra, 2003

Waterbeheer in Wallonië [4]: Stuwmeren. Aleksandra Jaskula-Joustra, Rijkswaterstaat Limburg,

H2o-artikel, #2.2003

Kramer, 2018

Lange termijn Zoetwatervoorziening - Analyse 100 jaar reeks, Deltares rapport, 11200590-000, paragraaf 3.7

RIWA-Maas, 2019

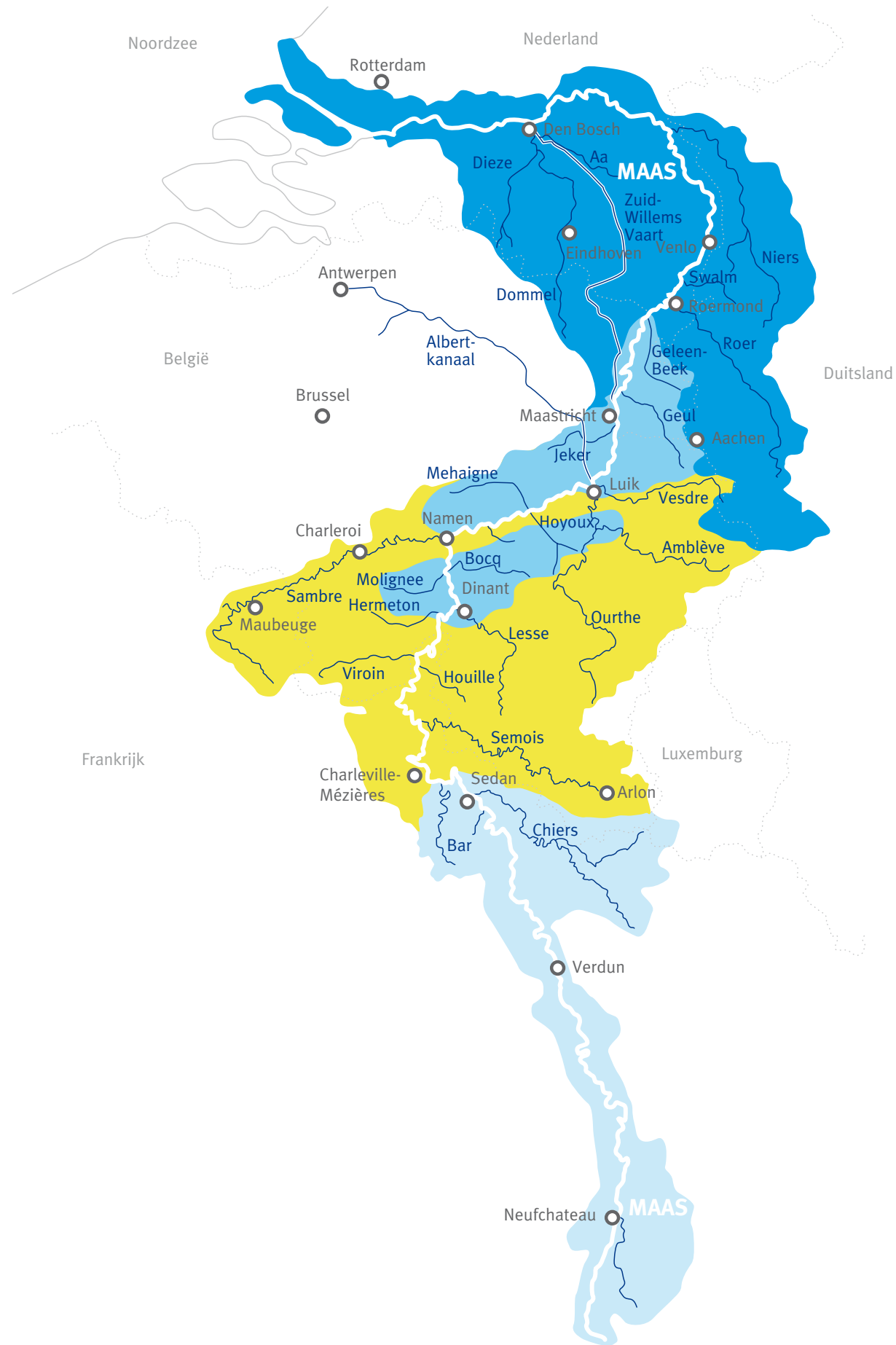
Jaarrapport 2018, De Maas, Paragraaf 1.2 De oorsprong van Maaswater tijdens droge en natte perioden, blz 47-50

A

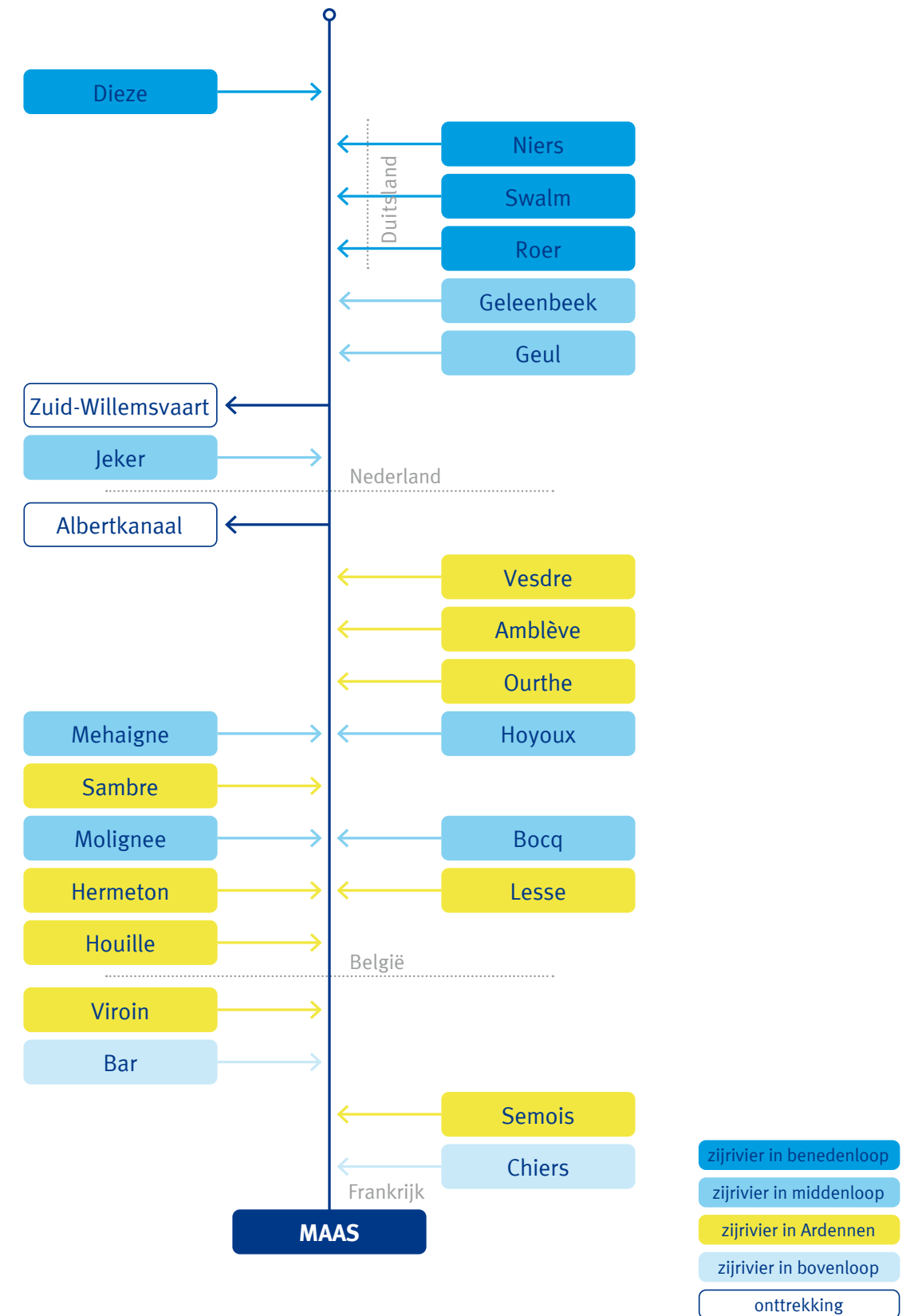
Beschrijving, datareeksen en correctie

De Geleenbeek.

Kaart met de zijrivieren van de Maas



Schematische weergave van de zijrivieren van de Maas



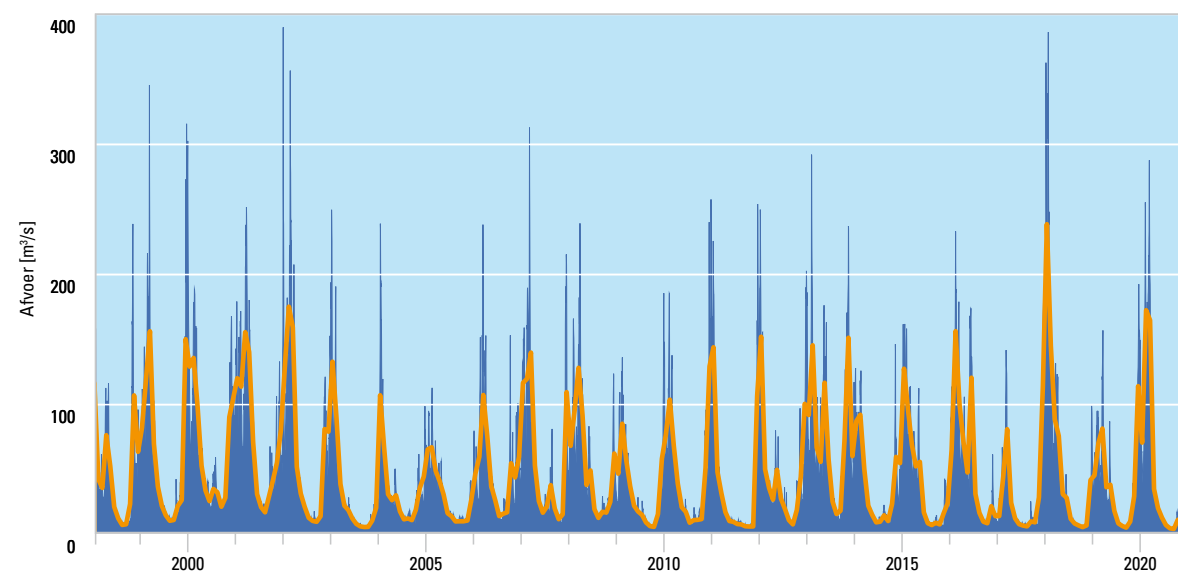
A.1 Maas Stenay

Het stroomgebied bovenstrooms van Stenay is langgerekt en smal, de gradiënt is klein en het winterbed breed. Hierdoor heeft de afvoer tot aan de monding van de Chiers een vrij kalm verloop.

In grote delen van Noord-Frankrijk bestaat de ondergrond uit kalksteen. Deze ondergrond is goed doorlaatbaar en vruchtbaar en dat maakt de bodem geschikt voor akkerbouw. Het terrein is glooiend en het overtollige water vindt gemakkelijk de weg naar beneden de ondergrond in. Als het heel hard regent, verzamelt een deel van het water zich in depressies, waar het alsnog de grond in zakt. In dit landschap zijn daarom ook weinig sloten en beken te bekennen. (De Wit, 2008).

Bron data: Hydro France

Ontbrekende waarden: 0



*Figuur 30 Afvoergegevens van de Maas te Stenay.
De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.*

A.2 Chiers

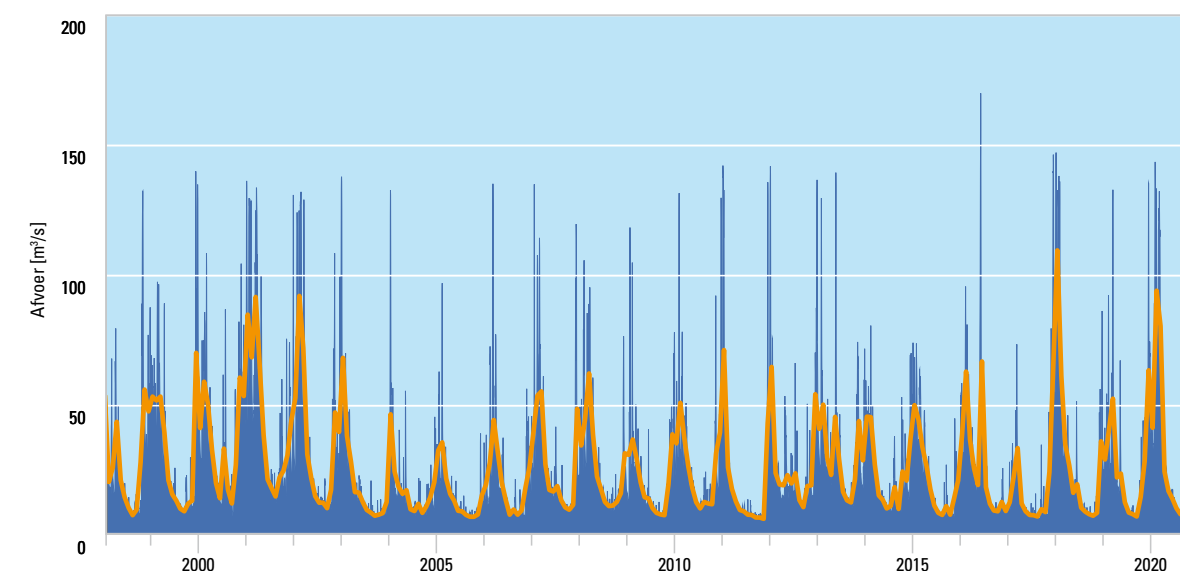
De Chiers is een van de grotere zijrivieren van de Maas. Zij ontspringt bij Differdange (Luxemburg) op ca. NAP + 339 m. De monding ligt bij Rémillly-Aillicourt op ca. NAP + 149 m. De rivier is 144 km lang en het verhang is gemiddeld 0.001. De bijdragende oppervlakte bedraagt 2222 km², waarvan 1967 km² boven het meetpunt Carignan.

De meest zuidelijke delen van de Ardennen liggen in het noordwesten van het stroomgebied van de Chiers. De vallei in het benedenstroomse deel van de Chiers is goed doorlatend dankzij de kalkgronden. Vlak bij de monding is een alluviale laag. Het zuiden van het stroomgebied bevat veel slechtdoorlatende klei- en leemgronden. In het noorden en oosten komt veel zand- en kalksteen voor.

In het grootste deel van het stroomgebied ligt de gemiddelde jaarlijkse gebiedsneerslag tussen 800 en 1000 mm. (Berger, 1994)

Bron data: Hydro France

Ontbrekende waarden: 0



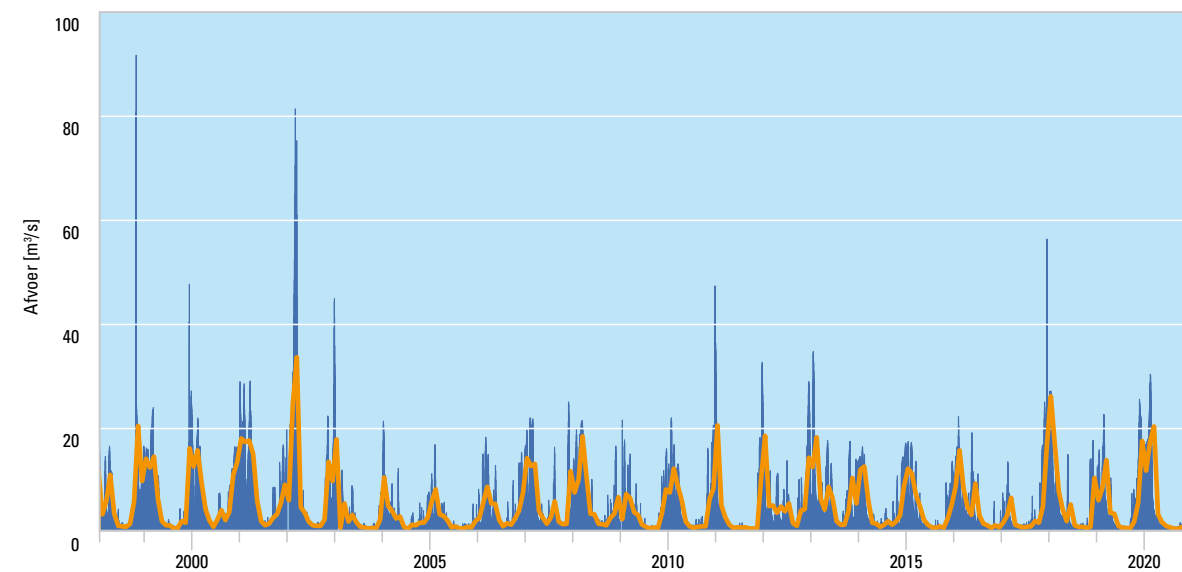
*Figuur 31 Afvoergegevens Chiers.
De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.*

A.3 Bar

De Bar is een kleine zijrivier op de linkeroever benedenstrooms van Sedan. Wat betreft de geologische opbouw lijkt deze zijrivier sterk op de Chiers (Berger, 1994).

Bron data: Hydro France

Ontbrekende waarden: 0



Figuur 32 Afvoer Bar.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

A.4 Semois

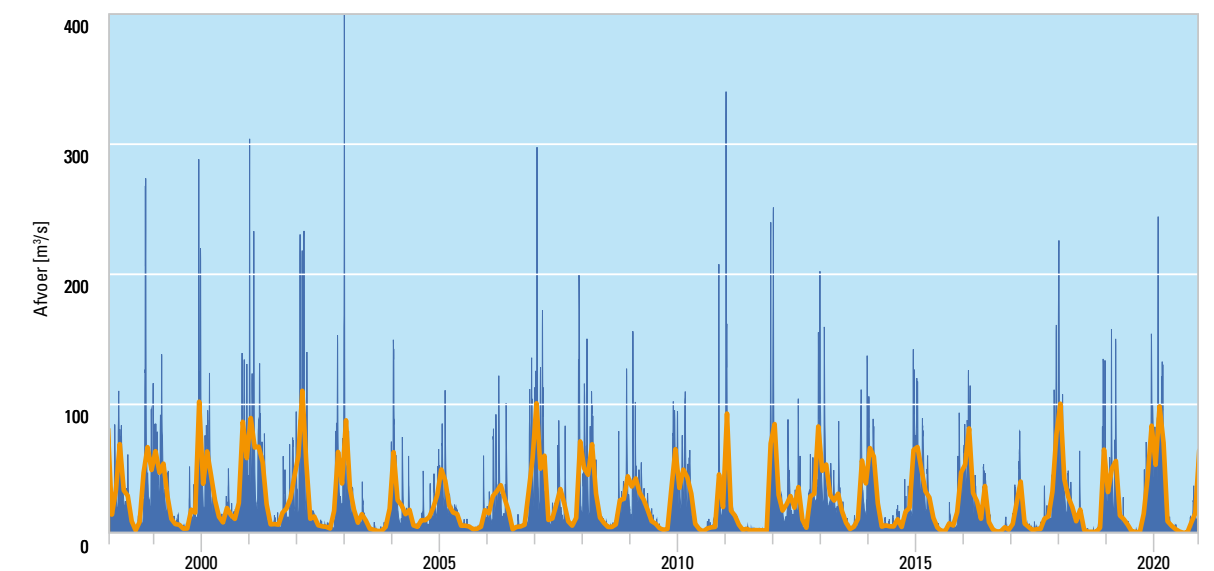
Op NAP + 411 m ontspringt de Semois bij Arlon. Zij stroomt naar het westen en neemt daarbij de zijrivieren Rulles en Vierre op. Enige kilometers voor de monding passeert de Semois de Franse grens. De monding is bij Monthermé op ca. NAP +138 m. De oppervlakte van het stroomgebied bedraagt 1358 km² en de rivier heeft een lengte van 167 km. Het stroomgebied is langgerekt.

Het stroomgebied van de Semois heeft een tweezijdig karakter. De bovenloop ligt in een relatief vlak gebied, dat deel uitmaakt van Belgisch Lotharingen. De ondergrond bevat hellende lagen met een wisselende permeabiliteit. Het karakter van de rivier verandert beneden de monding van de Vierre. De rivier stroomt door het Ardens massief, met rotsgesteente van paleozoïsche oorsprong.

Circa 40% van het gebied wordt bedekt door bos, waarvan 4/5 uit loofbos bestaat. Door geografische effecten is de gemiddelde jaarneerslag in het westen significant hoger dan in het oosten: 1250 mm (Bouillon) tegenover 1000 mm (Arlon). (Berger, 1994)

Bron data: Hydro France

Ontbrekende waarden: 0



Figuur 33 Afvoer Semois.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

A.5 Viroin

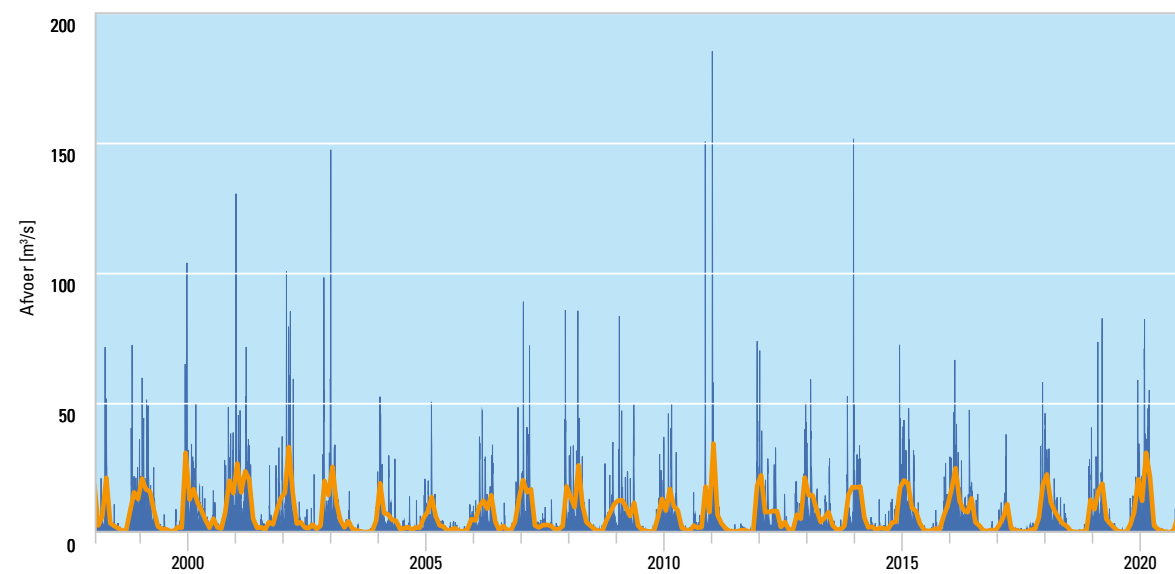
Eén van de middelgrote bekkens is dat van de Viroin. Het stroomgebied heeft een oppervlakte van 593 km², waarvan 554 km² boven het meetpunt Treignes is gelegen.

Het zuidelijk deel van het stroomgebied maakt deel uit van het Massief van Rocroi met hard ondoorlatend Cambrisch gesteente. De noordelijke helft en het midden bevatten gesteenten uit het Devoon met onder meer kalksteen. Het stroomgebied bestaat voor 43% uit bos, waarvan 90% loofbos.

In één van de zijtakken van de Eau Noire, bevindt zich het stuwmeer Barrage du Ry de Rome met een capaciteit van 2.2 Mio m³. Het stuwmeer dient de omgeving van drink- en industriewater te voorzien. De gemiddelde jaarneerslag voor het bekken is 940 mm. (Berger, 1994)

Bron data: Hydro France

Ontbrekende waarden: o



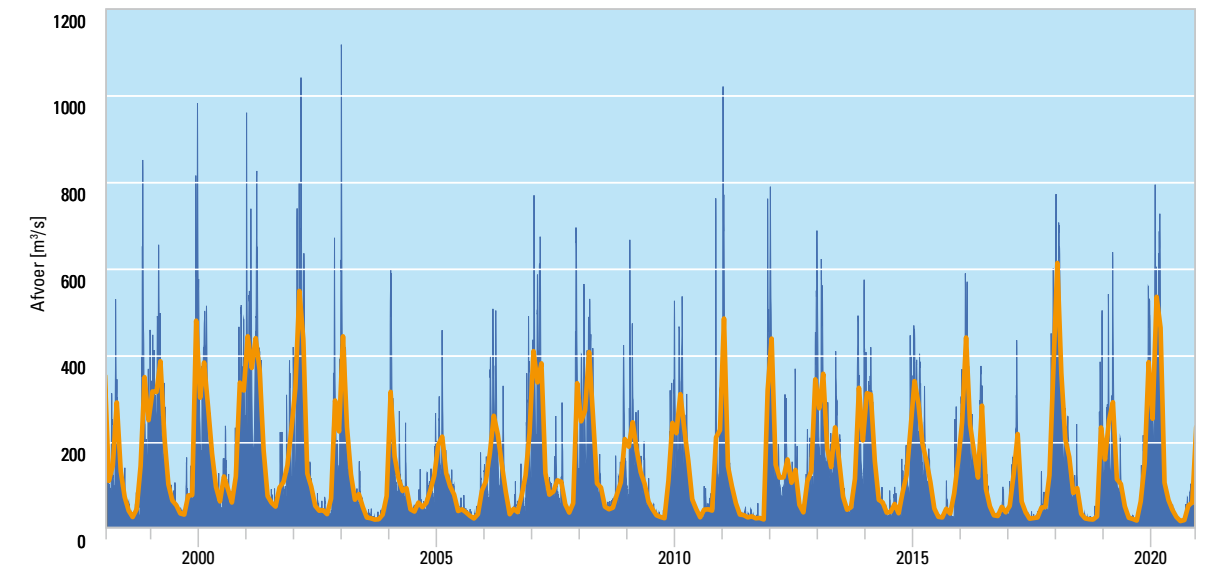
Figuur 34 Afvoer Viroin.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

A.6 Chooz Maas

Bron data: Hydro France

Ontbrekende waarden: o



Figuur 35 Afvoer Chooz.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

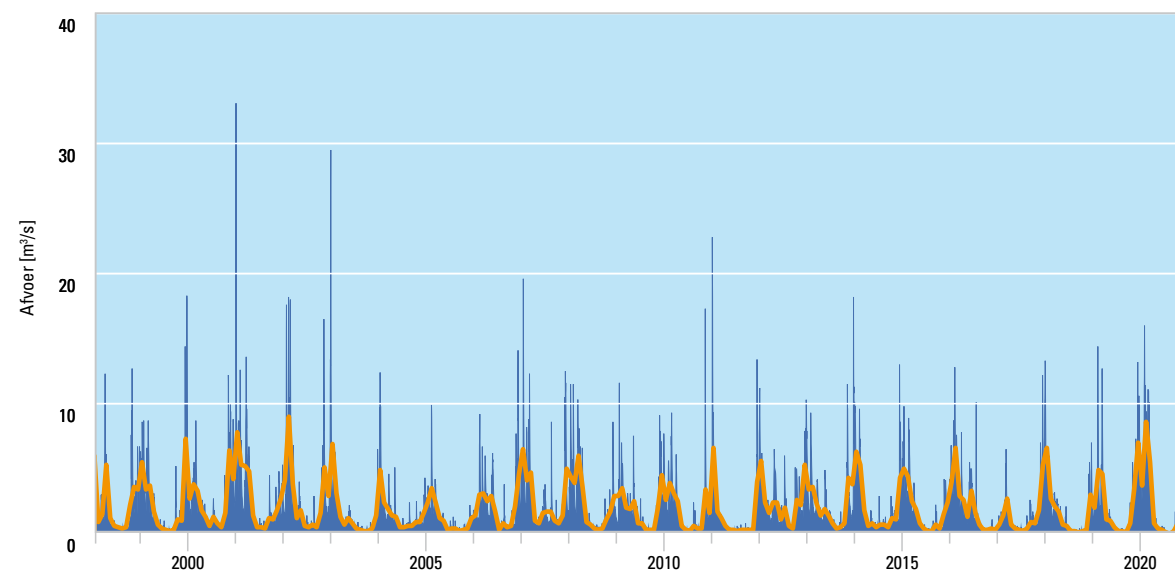
A.7 Houille, Hermeton, Molinee, Bocq, Samson en Hoyoux

De Houille, Hermeton, Molinee, Bocq, Samson en Hoyoux zijn een reeks Belgische zijrivieren die op Paleozoïsche gesteenten gelegen zijn, en waarvan de rivierdalen diep zijn ingeslepen. De Houille heeft met de Viroin gemeen dat het grootste deel van het stroomgebied in België ligt, maar de monding in Frankrijk.

De riviertjes kennen een zelfde soort afvoerregime als de grote Ardense rivieren. Bij deze kleine stroomgebieden is de kans op grote gebiedsneerslagen veel groter dan bij de grotere stroomgebieden. De specifieke afvoer kan daardoor veel grotere waarden bereiken dan die van de grotere stroomgebieden. Dit geldt echter niet voor al de stroomgebiedjes bij elkaar, want deze vormen gezamenlijk weer een groot en bovendien verspreid gebied. (Berger, 1994)

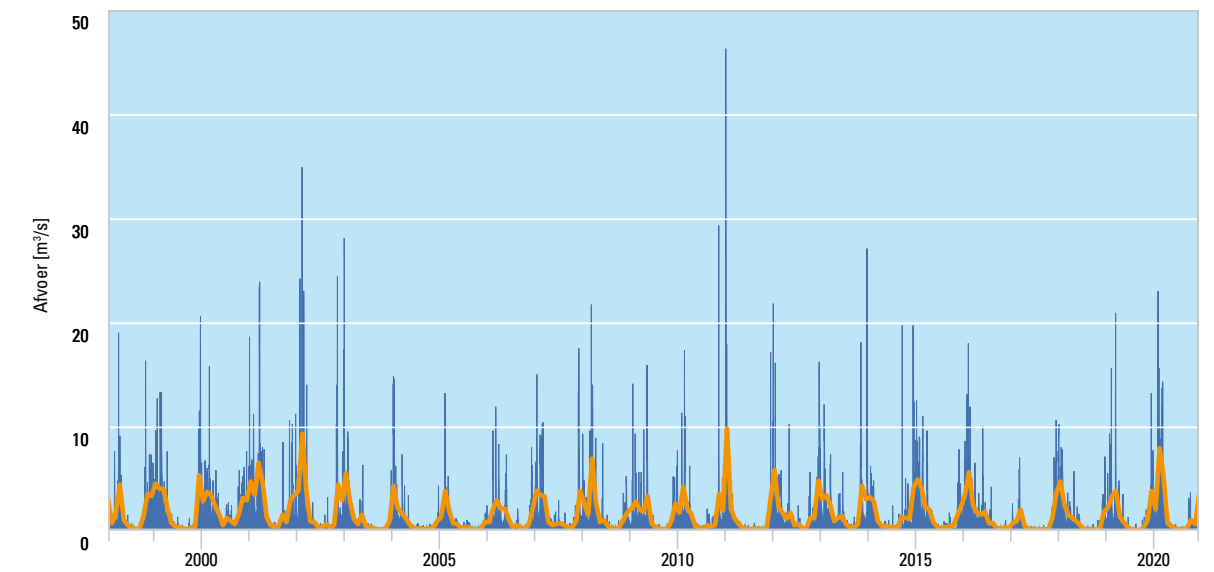
Bron data: Hydro France

Ontbrekende waarden: o



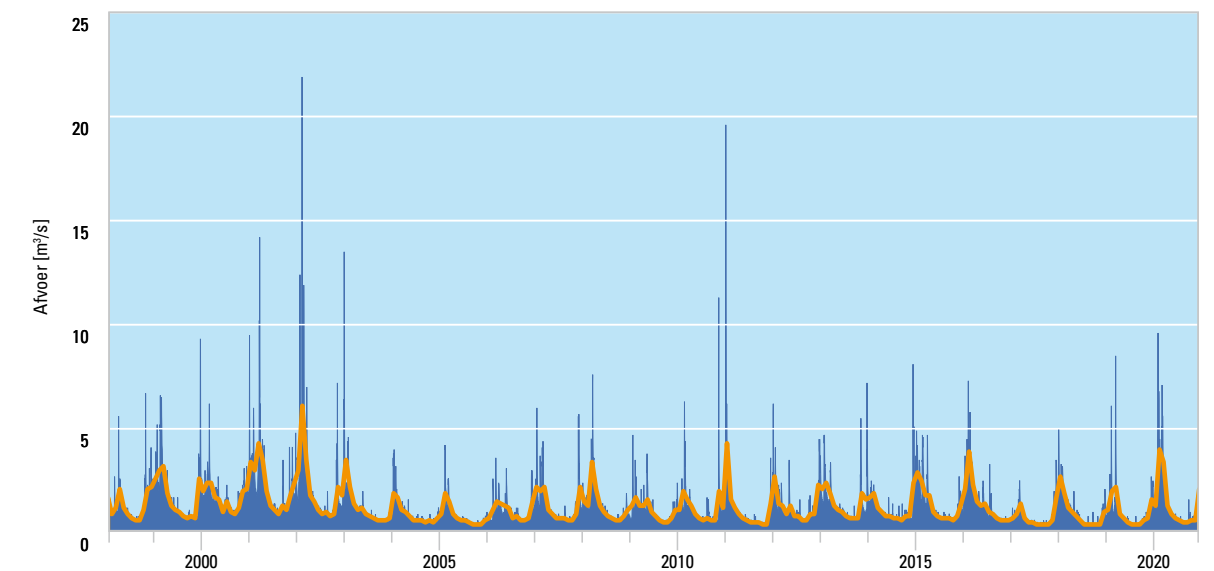
Figuur 36 Afvoer Houille.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.



Figuur 37 Afvoer Hermeton.

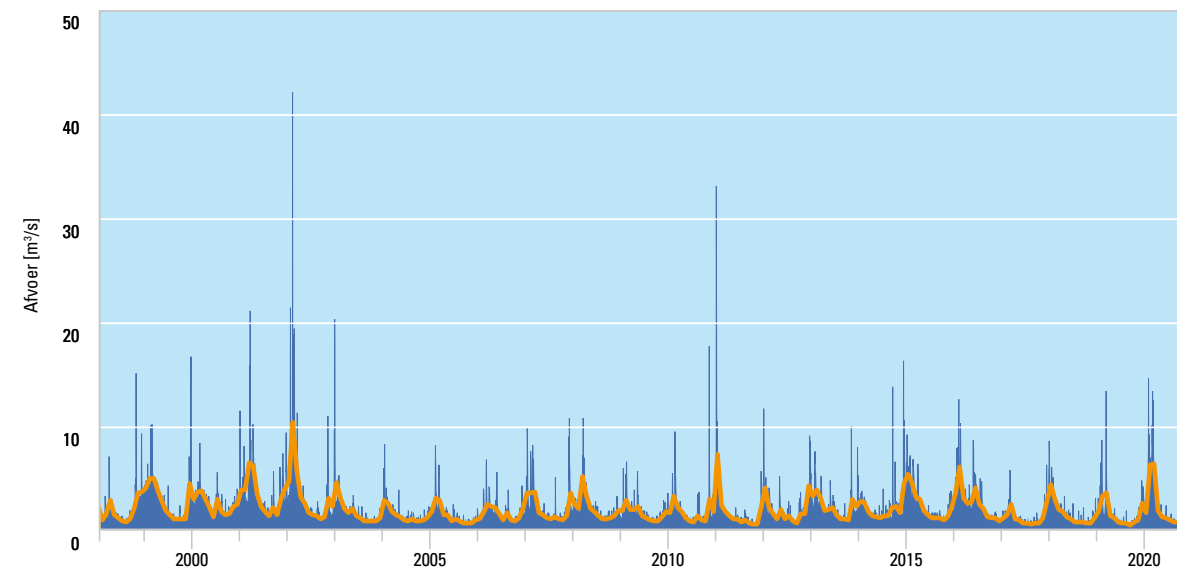
De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.



Figuur 38 Afvoer Molinee.

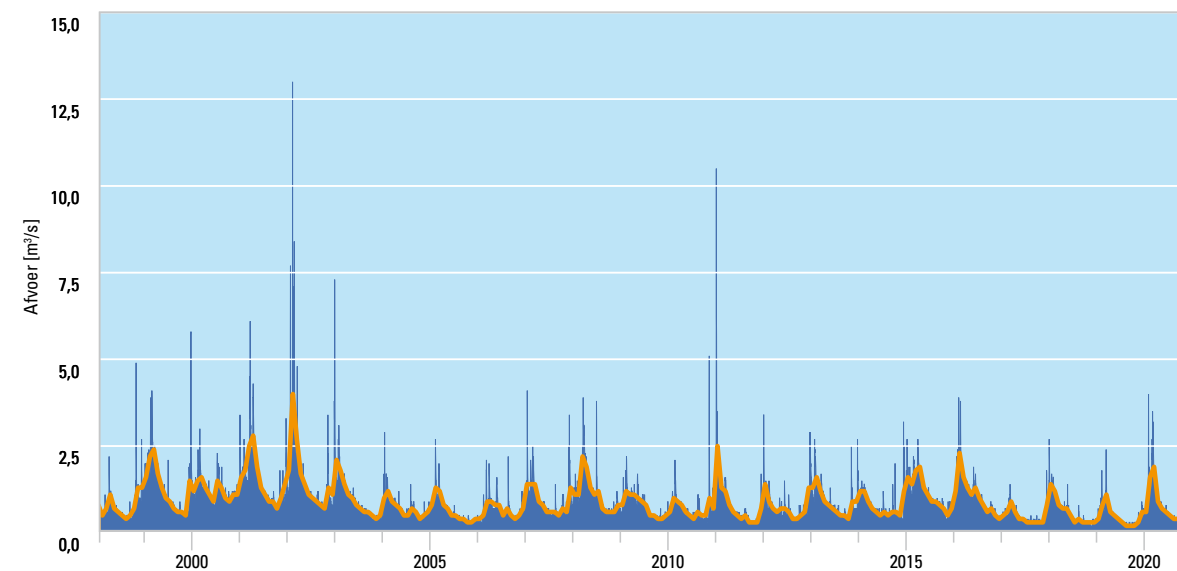
De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

A.7 Houille, Hermeton, Molinee, Bocq, Samson en Hoyoux (vervolg)



Figuur 39 Afvoer Bocq.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.



Figuur 40 Afvoer Hoyoux.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

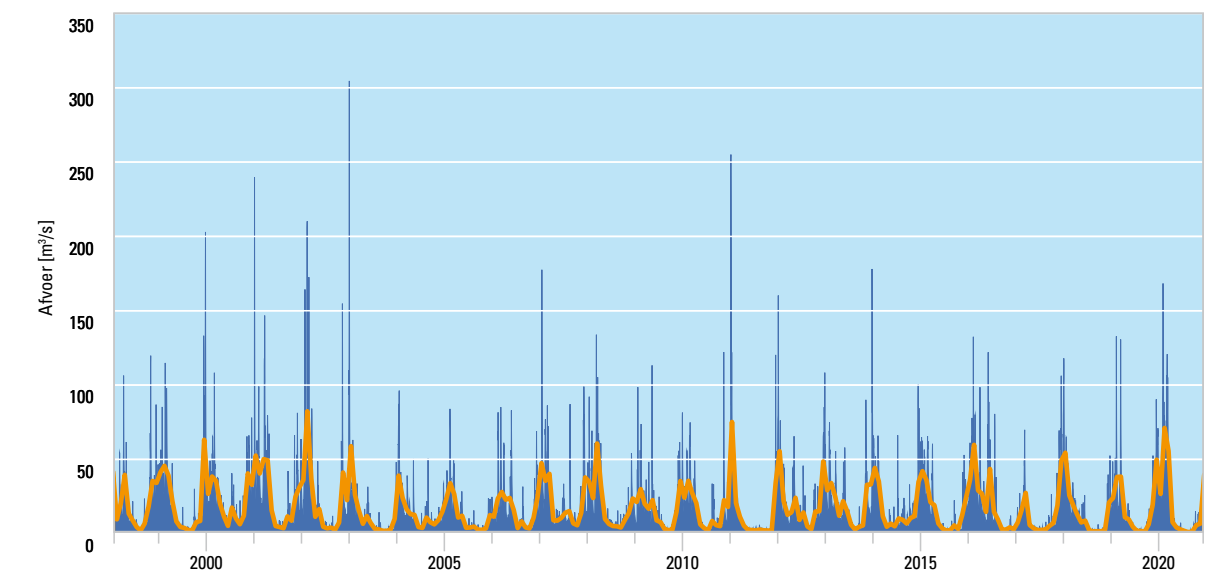
A.8 Lesse

De Lesse kan beschouwd worden als een typisch Ardense rivier. De rivier ontspringt op NAP + 403 m hoogte nabij Libramont. In de Lesse monden uit de rivieren Gembes, Lamme, Wimbe en, vlak bij de monding, de Ywenne. De monding ligt op NAP + 89 m hoogte net beneden de stuw van Anseremme, 3 km ten zuiden van Dinant. De lengte van de rivier bedraagt 83 km. Het hoogste punt ligt op NAP + 585 m, in het oosten van het stroomgebied van de Lamme

In het stroomgebied komen kalkgronden voor. De kalkgronden vertonen karstverschijnselen. Ondergrondse riviergedeelten bevinden zich in de Wamme (tussen On en Eprave), in de Lesse (nabij Belvaux en Han), en verder nog in enkele kleinere zijrivieren. Het verhang van de Lesse is nabij de bron groot, en neemt naar de monding toe steeds verder af. Circa 40% van het stroomgebied wordt ingenomen door bos. De gemiddelde jaarneerslag bedraagt 954 mm. (Berger, 1994)

Bron data: Hydro France

Ontbrekende waarden: o



Figuur 41 Afvoer Lesse.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

A.9 Sambre

De Sambre is ten opzichte van de andere zijrivieren bijzonder doordat zij de enige is die over grotere lengte scheepvaartverkeer toelaat. Geologisch gezien ligt het stroomgebied grotendeels in Paleozoïsche gesteenten, waarvan met name de Carboon-afzettingen van belang zijn voor de steenkoolwinning in dit gebied. Deze is weer van groot belang geweest voor de ontwikkeling van het waterwegennet.

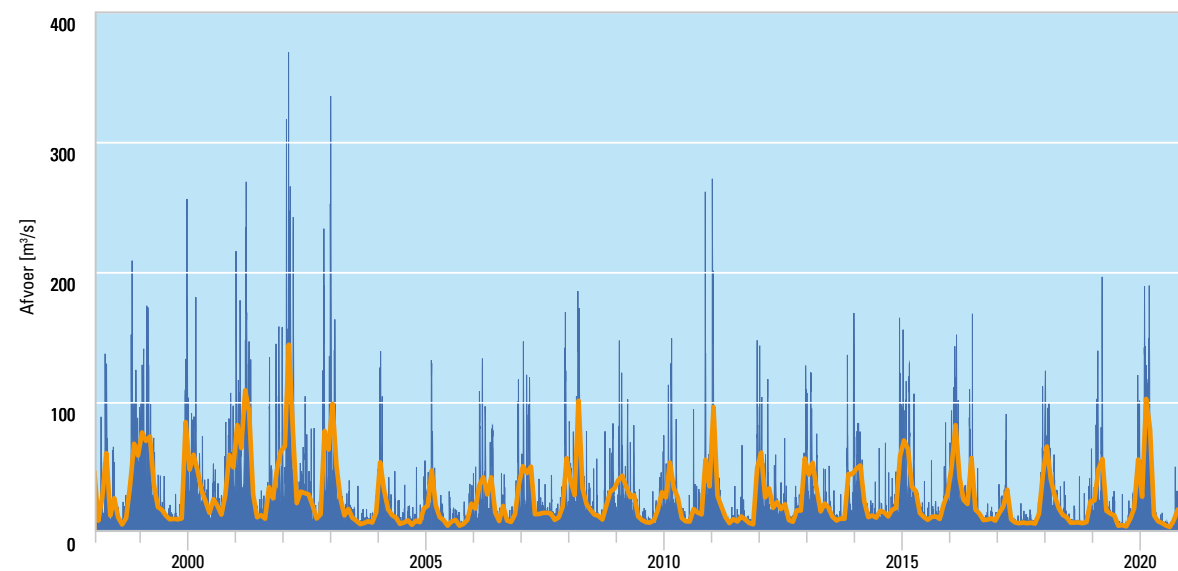
Vanaf circa 20 km van de bron is de Sambre gekanaliseerd. Het afvoerverloop van de rivier is weinig natuurlijk door de aanwezigheid van vele stuwen en sluizen. Door kunstmatige onttrekkingen en lozingen wordt de afvoer verder door de mens beïnvloed. De oevers van de Sambre worden, met name beneden Charleroi, gevormd door een vaste bouwconstructie met steile taluds.

De scheepvaart is met name beneden Charleroi intensief. De sluizen hebben daarom vrij veel voeding nodig, meer dan in droge perioden op natuurlijke wijze wordt aangevoerd. Ter aanvulling van het debiet in droge perioden is in de Eau d'Heure een stuwwerencomplex gebouwd. Dit complex moet de afvoer op de Sambre op minimaal 5 m³/s handhaven. Nevendoelen zijn de vermindering van de gevolgen van industriële en huishoudelijke vervuiling op de Sambre door verdunning en de vergroting van de laag-waterafvoer op de Maas.

De gemiddelde jaar neerslag in het stroomgebied van de Sambre bedraagt 825 mm. (Berger, 1994)

Bron data: SPW-website (1998-2019) + berekende waarden (2019/2020)

Ontbrekende waarden: o



Figuur 42 Afvoer Sambre.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

A.10 Ourthe tot Tabreux

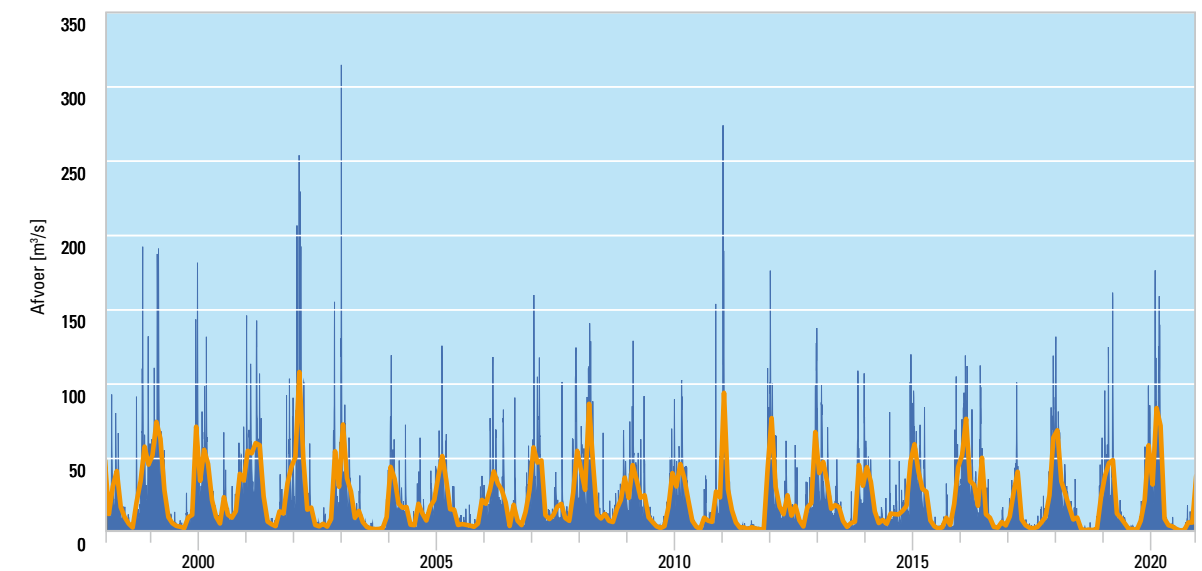
De Ourthe bestaat in zijn bovenloop uit twee takken, de Ourthe Occidentale en de Ourthe Orientale. De eerste ontspringt op ca. 500 m boven NAP nabij Libramont, de tweede op circa NAP + 520 m bij Beho. De samenvloeiing vindt plaats in het stuwwmeer van Nisramont. Tot Tabreux komen nog een groot aantal zijrivieren uit in de Ourthe. De Ourthe Occidentale is ca. 45 km lang, de Ourthe Orientale ca. 35 km. Tussen Nisramont en Comblain-au-Pont legt het water een afstand van ca. 90 km af. Het hoogste punt van het stroomgebied ligt op NAP + 658 m, nabij de bron van de Martin-Moulin. Het stroomgebied boven Tabreux heeft een oppervlakte van 1597 km².

Men vindt er Paleozoïsche gesteenten vooral uit het Cambrium en Devoon. Het gebied is bergachtig van karakter, wat uit de hoogteverdeling van het gebied blijkt. Dit is ook af te leiden uit het verhang van de rivier. Het verhang blijft tot Tabreux groot. Dertig procent van het stroomgebied wordt ingenomen door bos, waarvan 70% uit loofhout bestaat. De gemiddelde gebiedsneerslag bedraagt 968 mm. Er is een duidelijke correlatie tussen de hoogteligging en de jaarneerslag. In de laaggelegen punten valt jaarlijks circa 900 mm, in de hooggelegen punten circa 1100 mm. De neerslagstations midden in het stroomgebied hebben de grootste correlatie met de gebiedsneerslag.

Het stuwwmeer van Nisramont, dat gereed is gekomen in 1958, heeft een capaciteit van 3.106 m³. Het stuwwmeer dient voor de aanvoer van water en de elektriciteitsproductie. (Berger, 1994)

Bron data: SPW-website

Ontbrekende waarden: o



Figuur 43 Afvoer Ourthe.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

A.11 Ambleve

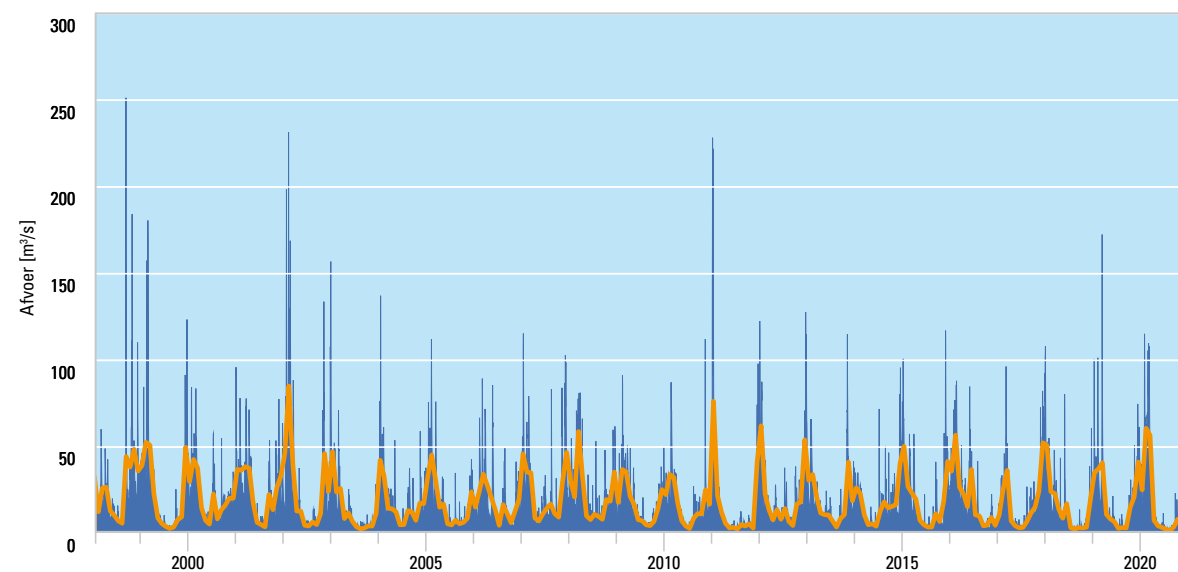
De Ourthe wordt in belangrijke mate gevoed door de Amblève. De Amblève ontspringt op NAP + 584 m bij Rivage. De monding in de Ourthe bij Comblain-au-Pont ligt op NAP + 108 m. De rivier is circa 88 km lang. Een bijzonderheid vormt de Cascade van Coö, beneden de monding van de Salm. Hier zakt het rivierbed over een lengte van 70 m maar liefst met 12 m.

De Amblève kent een aantal zijrivieren die in hydrologisch opzicht grote overeenkomsten vertonen. De Lienne, Salm, Eau Rouge, Warche en Recht monden alle uit de “middenloop” van de Amblève, ontspringen tussen de 450 en 650 m en hun stroomgebieden hebben voor een groot deel rots van Caledonische oorsprong als ondergrond. Door deze opbouw van het stroomgebied van de Amblève reageert de rivier zeer snel op neerslag, waardoor een grote piekafvoer kan ontstaan.

In het grootste deel van het stroomgebied ligt de gemiddelde jaarneerslag tussen de 1000 en 1100 mm, maar in het hoger gelegen gebied in het noordoosten neemt zij sterk toe tot bijna 1500 mm bij Botrange. De gemiddelde jaarneerslag bedraagt 1104 mm. Het stroomgebied wordt voor 38% met bos bedekt, waarvan 9/10 deel naaldbos en 1/10 deel loofbos. In het stroomgebied bevinden zich drie stuwmuren en een stuwmurencomplex. Alle stuwmuren zijn gebouwd voor de elektriciteitsopwekking. (Berger, 1994)

Bron data: SPW-website

Ontbrekende waarden: o



Figuur 44 Afvoer Ambleve.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

A.12 De Vesdre

De Vesdre ontspringt op NAP + 626 m ten oosten van Eupen. De rivier is circa 72 km lang.

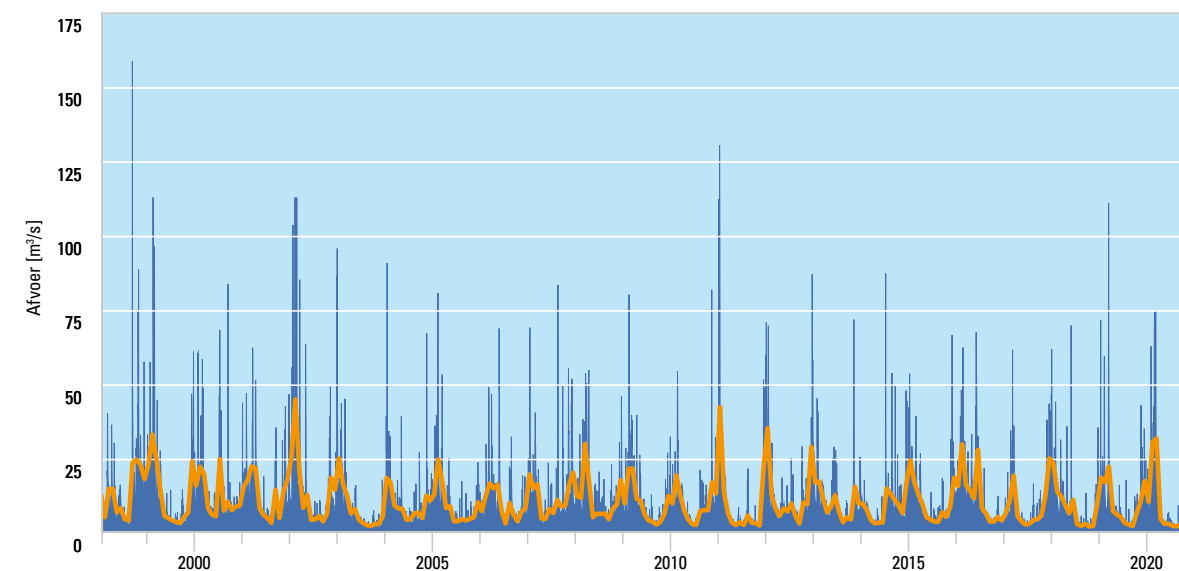
Het stroomgebied ligt voor het grootste gedeelte op gesteenten van Paleozoïsche oorsprong. Op sommige plaatsen zijn ze gespleten en watervoerend. De afvoer door deze gesteenten is echter zeer klein. Een bijzondere rol in het hydrologisch systeem spelen de Hoge Venen. Het stroomgebied van de Vesdre omvat alleen het noordelijk deel van de Hoge Venen, een relatief vlak gebied op 600 m hoogte en vrij beperkt van omvang. De Hoge Venen wateren verder af op de Arnlève, en voor een klein deel ook op de Roer. De Hoge Venen bezitten relatief veel vocht, doordat de rots bedekt is met een laag redelijk doorlatende silexklei (klei met vuurstenen) met daarboven een laag veen, op sommige plaatsen echter verweringsklei. Dit deel van het stroomgebied reageert relatief traag op de gevallen neerslag.

Het grootste deel van het stroomgebied van de Vesdre kent steile hellingen, waardoor bij zware buien korte en hoge afvoertoppen ontstaan. Dit heeft overstromingen in het rivierdal tot gevolg. Een hoogwatergolf is snel uit het stroomgebied verdwenen doordat de gradiënt van de rivier gemiddeld 0.008 bedraagt. Een ander gevolg van de snelle afvoer van regenwater is het tekort aan water in de zomer. Ter vermindering van watertekorten zijn er in het stroomgebied van de Vesdre twee stuwmuren gebouwd.

Het stroomgebied is voor 44% bebost, waarvan 2/3 uit naaldbos bestaat. De gemiddelde jaarneerslag bedraagt 1104 mm. (Berger, 1994)

Bron data: SPW-website

Ontbrekende waarden: o



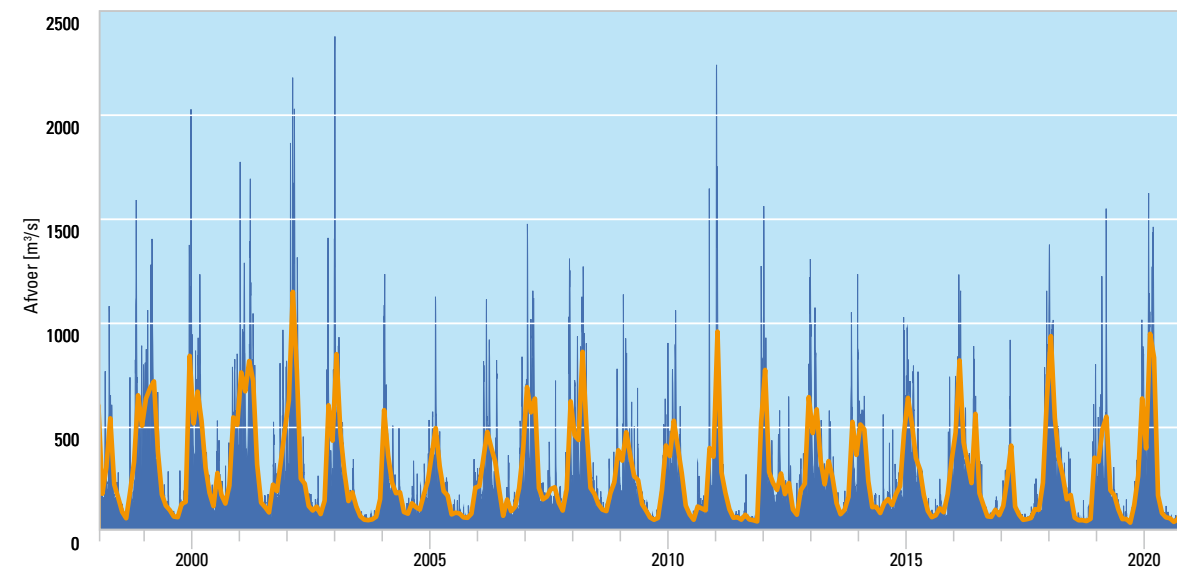
Figuur 45 Afvoer Vesdre.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

A.13 Monsin

Bron data: water-link + waterinfo.rws.nl

Ontbrekende waarden: o



Figuur 46 Afvoer Monsin.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

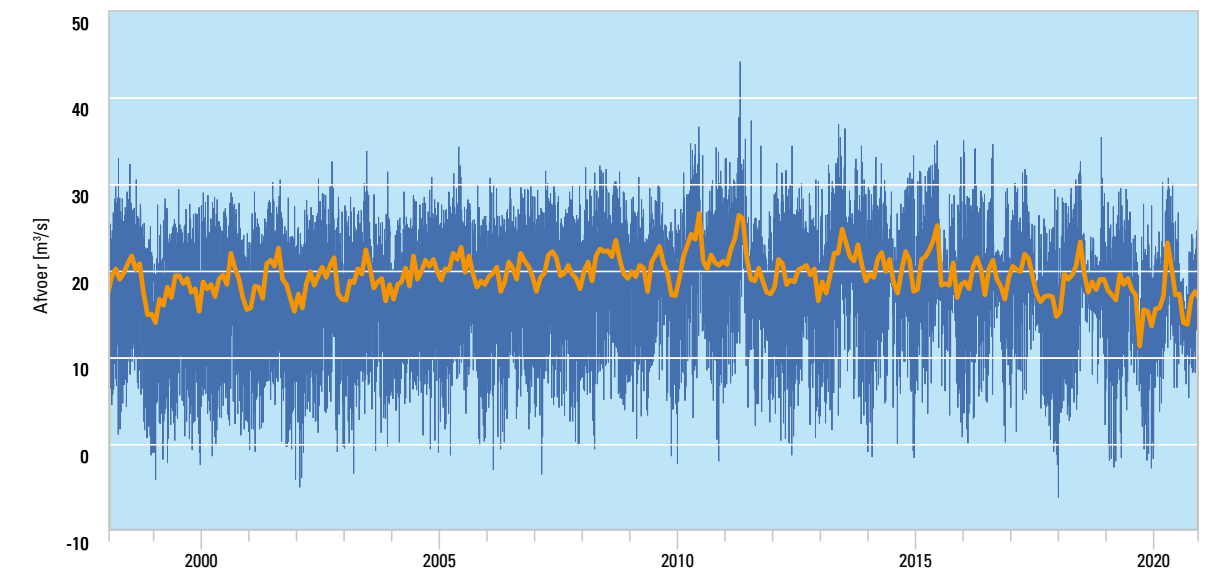
A.14 Albertkanaal te Kanne

Het Albertkanaal is een kanaal in België dat Luik verbindt met Antwerpen. Het kanaal heeft in Vlaanderen een belangrijke rol voor de binnenscheepvaart én de drinkwaterproductie. Het kanaal onttrekt water uit de Maas.

Bron data: Wallonie.be

Ontbrekende waarden: 523 van de 8401 dagen aan het einde van de tijdserie.

Opvullen: gegevens van Albertkanaal Haccourt.

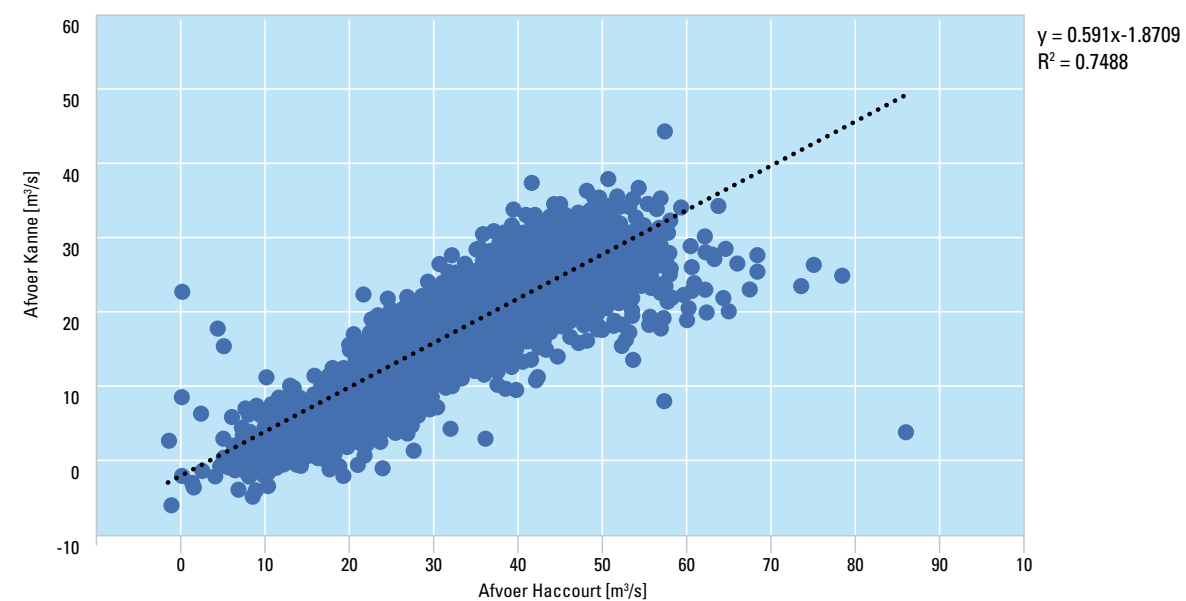
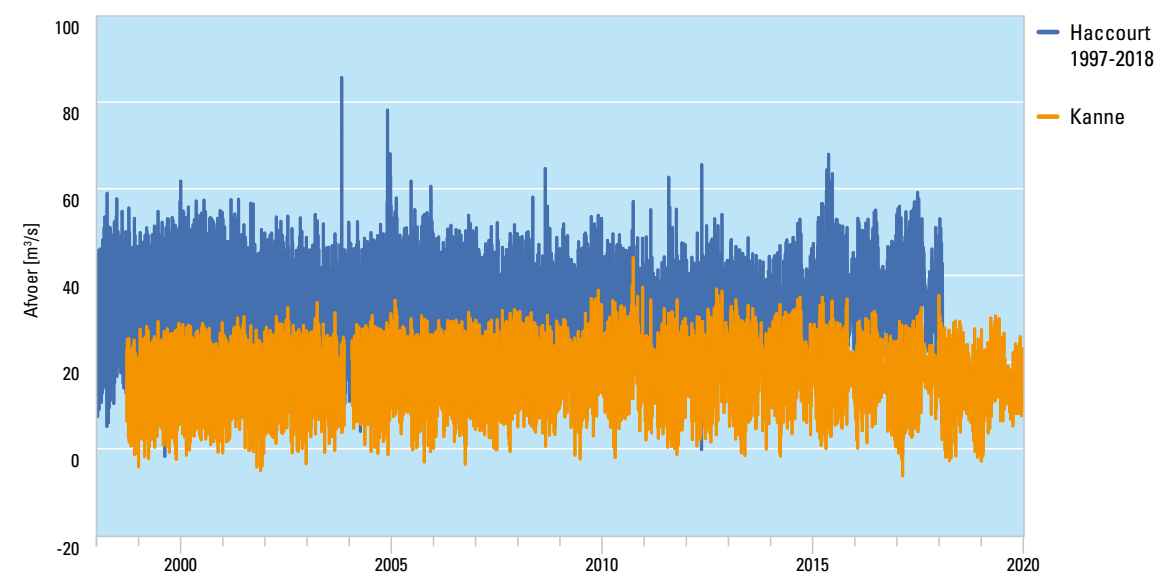


Figuur 47 Afvoer Lesse.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

Relatie tussen Albertkanaal Haccourt en Kanne. De afvoer bij Haccourt is hoger vanwege het terugstromen van de afvoer naar de Maas tijdens het schutten van schepen.

A.14 Albertkanaal te Kanne (vervolg)

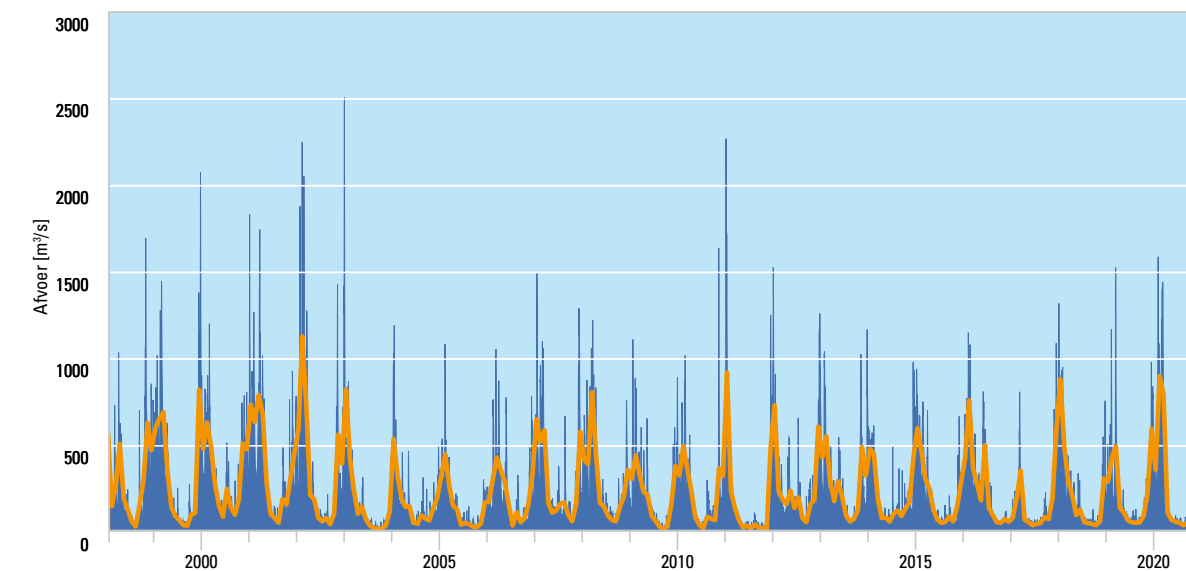


A.15 Maas te Eijsden

Hier stroomt de Maas Nederland binnen.

Bron data: waterinfo.rws.nl

Ontbrekende waarden: o



Figuur 48 Afvoer Maas te Eijsden.

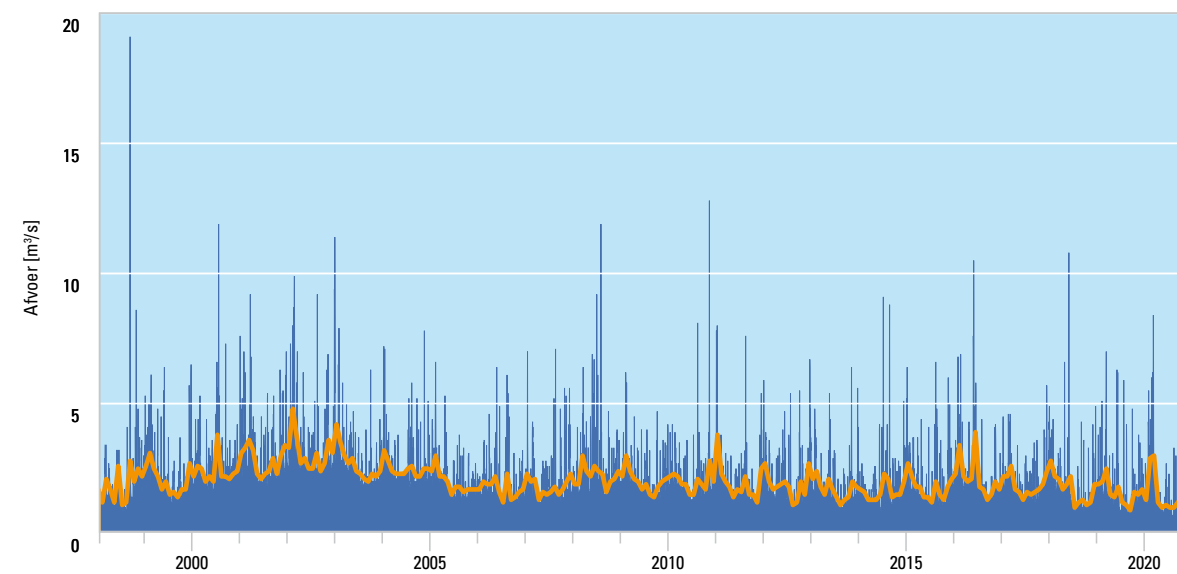
De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

A.16 Jeker

De op de linkeroever gelegen Mehaigne en Jeker hebben een geheel andere opbouw dan de zijrivieren op de rechteroever. Het stroomgebied is veel vlakker, en bevat een watervoerende laag door het Krijt van Haspengauw. De laag is echter bedekt met een aantal lagen van wisselende permeabiliteit met onder meer leem, silexklei en löss. Vooral in het stroomgebied van de Jeker wordt de krijtlaag voor de waterwinning gebruikt.

Bron data: waterschap Limburg

Opmerking: data opgevuld met dag ervoor (150 waarden van de 8401).



Figuur 49 Afvoer Jeker.

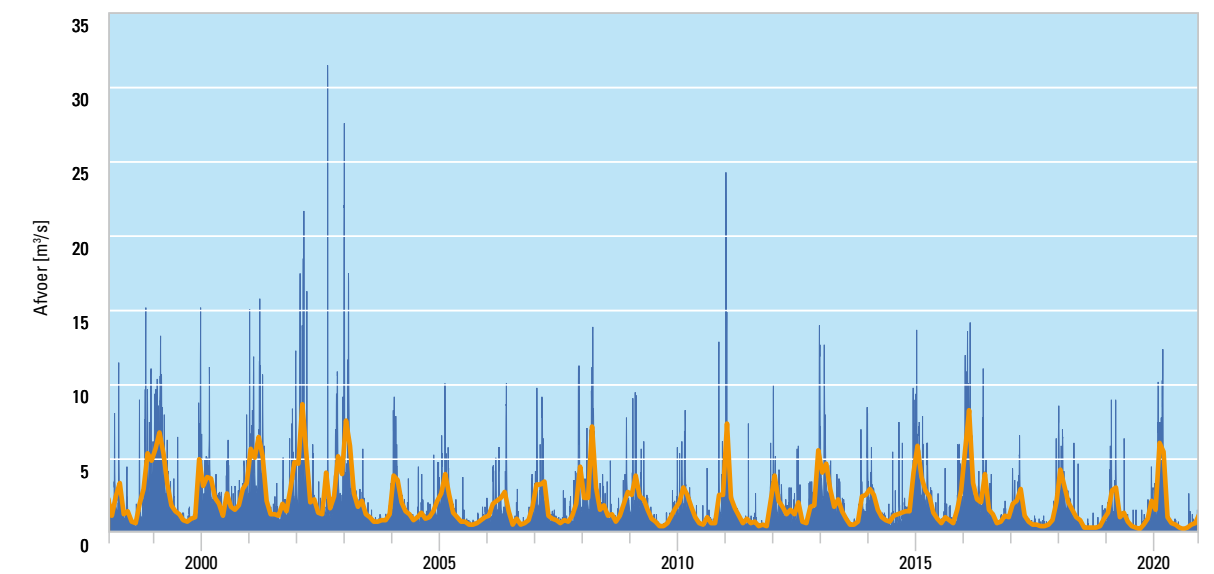
De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

A.17 Mehaigne

Zie Jeker

Bron data: Wallonie.be

Ontbrekende waarden: o



Figuur 50 Afvoer Mehaingne.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

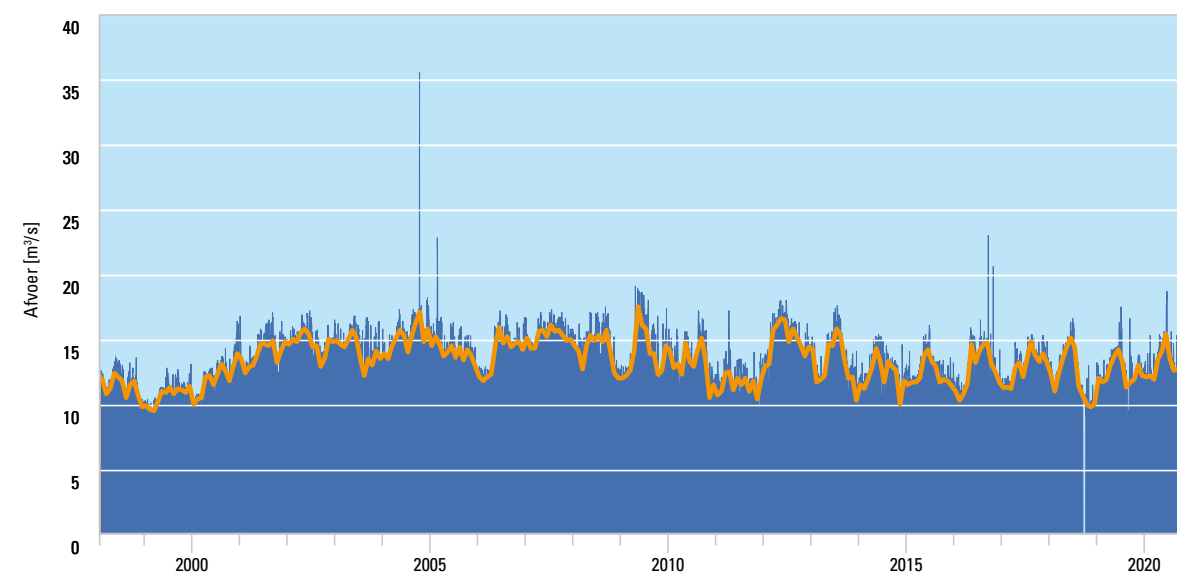
A.18 Zuid-Willemsvaart

De Zuid-Willemsvaart is een kanaal in de provincies Nederlands-Limburg, Belgisch-Limburg en Noord-Brabant. Het dient als lateraalkanaal van de Maas. Verschillende andere belangrijke waterwegen sluiten erop aan.

De Zuid-Willemsvaart onttrekt water uit de Maas.

Bron data: waterschap Limburg

Ontbrekende waarden: 73 voornamelijk in 1998



*Figuur 51 Afvoer Zuid Willemsvaart.
De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.*

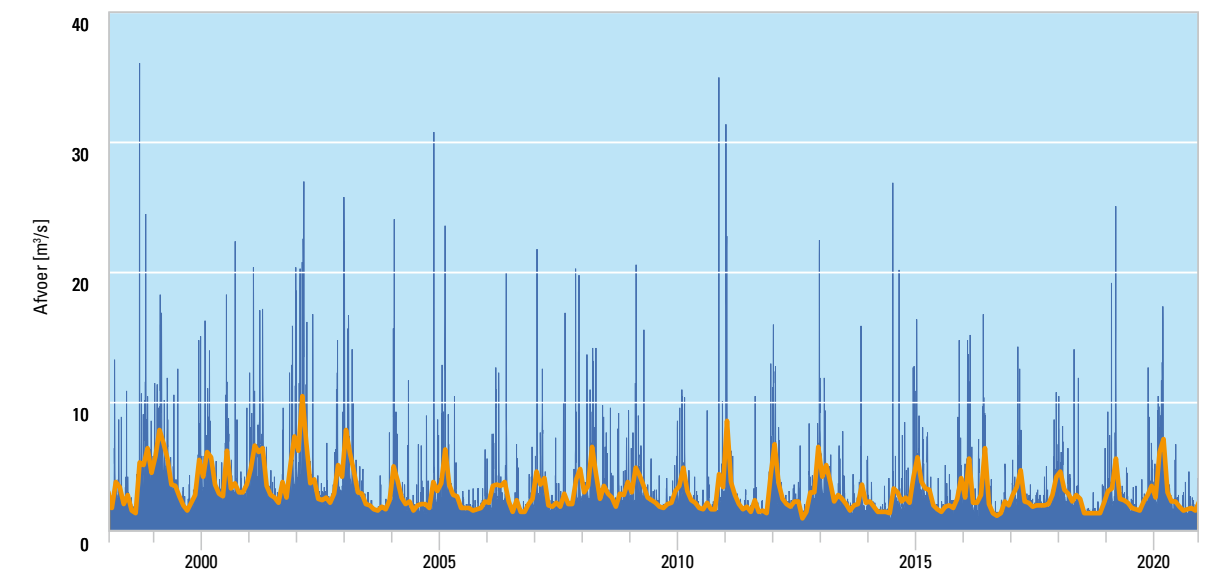
A.19 Geul

De Geul is een zijrivier op de rechteroever nabij de Belgisch/Nederlandse grens. De bovenloop in de Ardennen gelegen. In een groot deel van dit stroomgebied bestaat de ondergrond uit kalksteen. De grondwaterstromen in deze kalksteen voeden verschillende bronnen, die op de Geul afwateren. Deze bronafvoeren zijn een weerslag van het neerslagoverschot van de voorbije maanden of zelfs voorbije jaren en correleren slecht met de neerslag van de afgelopen dagen of weken. In het stroomgebied van de Geul fungeert de ondergrond dus als een soort doorgeefluik tussen het neerslagoverschot in de winter en de basisafvoer in de zomer (de Wit, 2008).

Bron data: waterschap Limburg

Ontbrekende waarden: 131 van de 8401 dagen verdeeld over de tijdserie.

Opvullen: gegevens van de dag ervoor.



*Figuur 52 Afvoer Geul.
De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.*

A.20 Geleenbeek te Roosteren

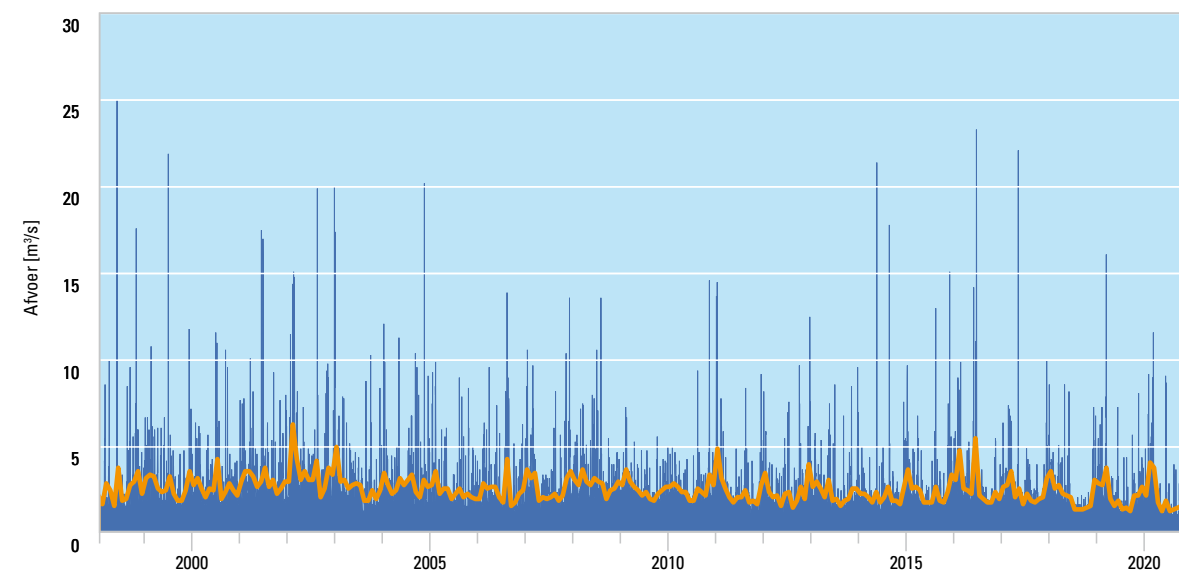
Het waterschap meet de afvoer van de Geleenbeek in Munstergeleen en de Rode beek in Susteren. Deze komen samen net voor het meetpunt Oud-Roosteren en dit wordt nog aangevuld met de lozing van RWZI Susteren.

Bron data: waterschap Limburg

Opmerking: Bij het meten is er in de zomer veel last van bodem begroeiing, waardoor veel waarden ontbreken.

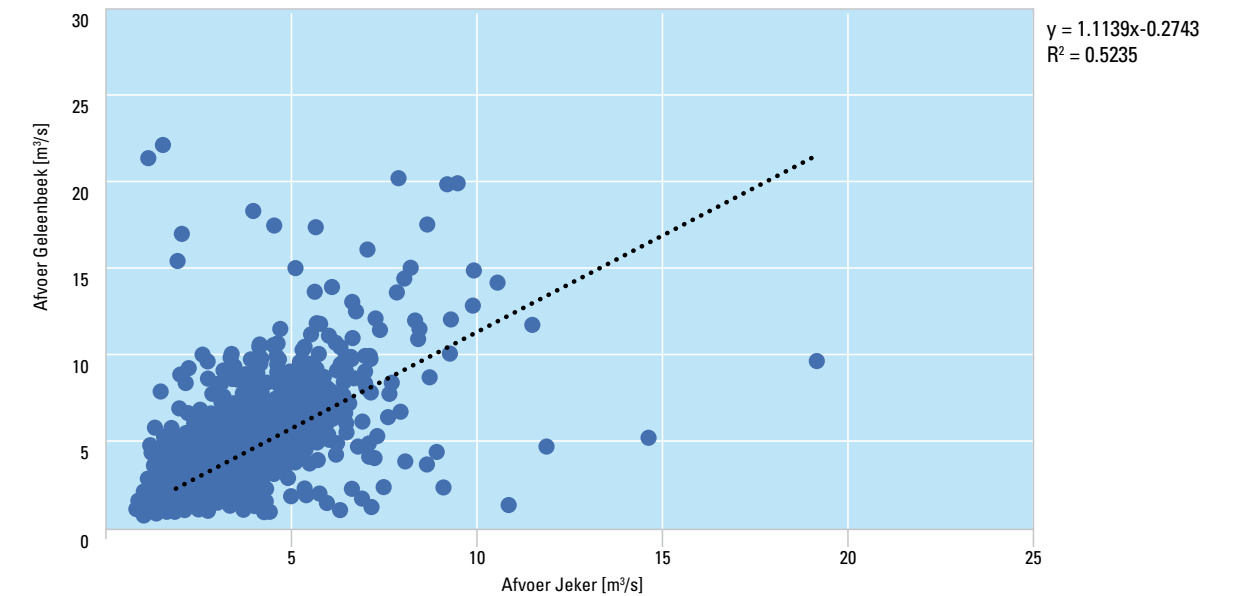
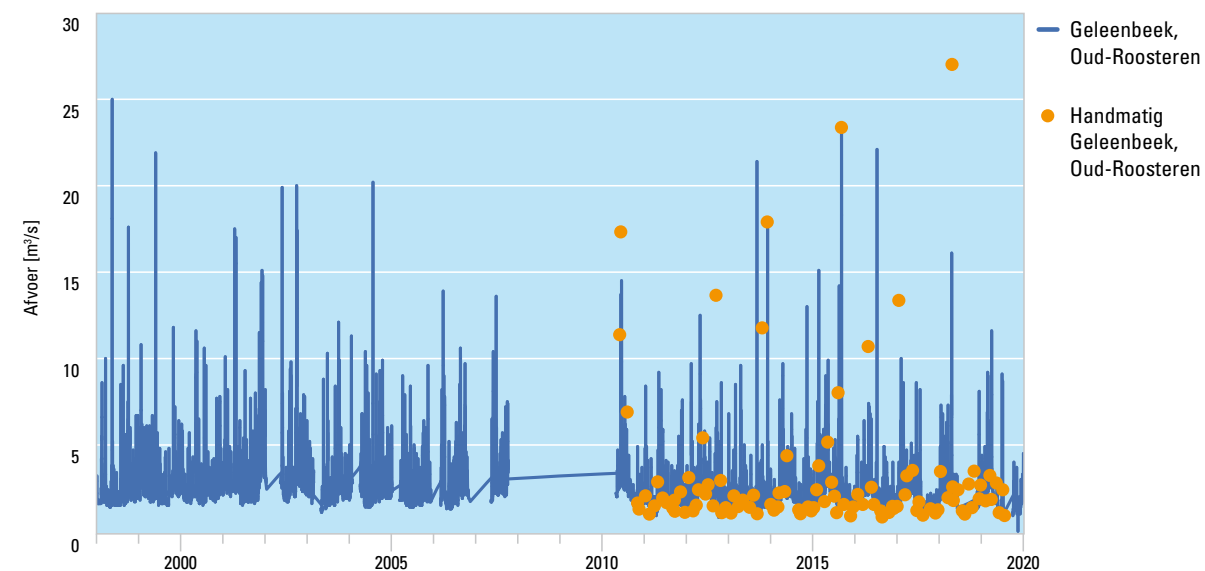
Ontbrekende waarden: 3033 van de 8401 dagwaarden.

Opvullen: Ontbrekende waarden opgevuld met handmatige waarden, de resterende gaten zijn vervolgens opgevuld volgens een relatie met de afvoer van de Jeker (zie relatie scatterplot hieronder).



Figuur 53 Afvoer Geleenbeek.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

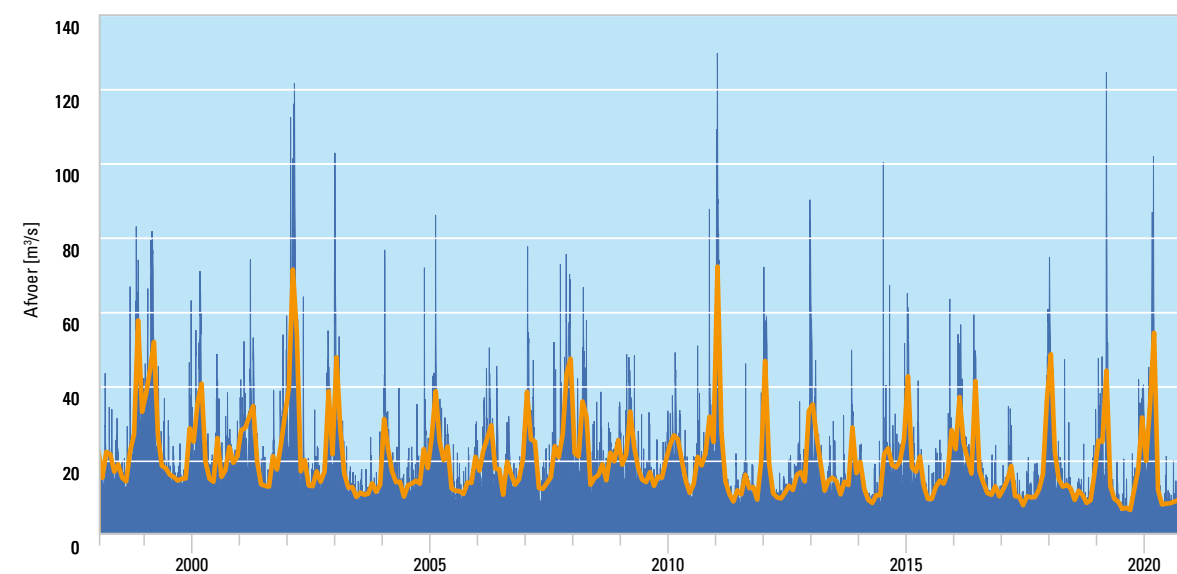


A.21 Roer

Het stroomgebied van de Roer vertoont een opvallende tweedeling. Het zuiden van het stroomgebied is sterk heuvelachtig, terwijl het noorden vrij vlak is. De bron van de Roer ligt in de Hoge Venen. De rivier stroomt in haar bovenloop door de Ardennen en dan door de Eifel. De benedenloop ligt in het Niederrheinisches Flachland. De monding van de rivier in de Maas ligt op NAP + 15 m hoogte in Roermond. De rivier is 207 km lang.

Bron data: waterschap Limburg en Elwas

Opmerking: gaten bij data waterschap Limburg opgevuld met data van Elwas. Opgemerkt hierbij moet worden dat de datareeks van Elwas 1 dag verschoven was t.o.v. de data van het waterschap.



Figuur 54 Afvoer Roer.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.

Het tweeledige karakter van de rivier blijkt ook uit het verhang. In de bovenloop bedraagt het verhang aanvankelijk 0,003, daarna neemt het in de Eifel toe tot meer dan 0,004. In het Niederrheinisches Flachland neemt deze waarde weer af, en bedraagt op het laatste traject nog 0,0006. Het bovenstroomse deel is gelegen in een gebied met ondoorlatende bodem van Paleozoïsche oorsprong. Het benedenstroomse gebied is gelegen in de zogenaamde Roerdalslenk, en gevuld met Pleistoceen sediment. Deze slenk loopt van Bonn tot Weert, en gaat daar over in de Centrale Slenk. In het zuidwesten wordt de slenk begrensd door de Feldbissbreuk en in het noordoosten door de Roerrandbreuk en de Peelrandbreuk. De slenk is ca. 25 km breed.

In en nabij de oostkant van de slenk vonden tot voor kort bruinkoolwinningen plaats. Pompen zorgen ervoor dat deze gigantische gaten in de ondergrond niet vollopen met grondwater. Het opgepompte grondwater wordt deels afgevoerd via beken, die in de Roer uitmonden. Ook dit zorgt voor een verhoging van de basisafvoer van de Roer. De mijnbouw zal in het jaar 2030 stoppen. Dan stopt ook de bemaling, en de dagbouw mijn wordt opgevuld met water tot een restmeer.

Aan de andere kant zorgt de bemaling tegenwoordig voor een grondwaterstroming van de Maas naar de groeven, na 2030 zal de grondwaterstroomrichting omkeren en het gebied zal weer bijdragen aan de Maasafvoer.

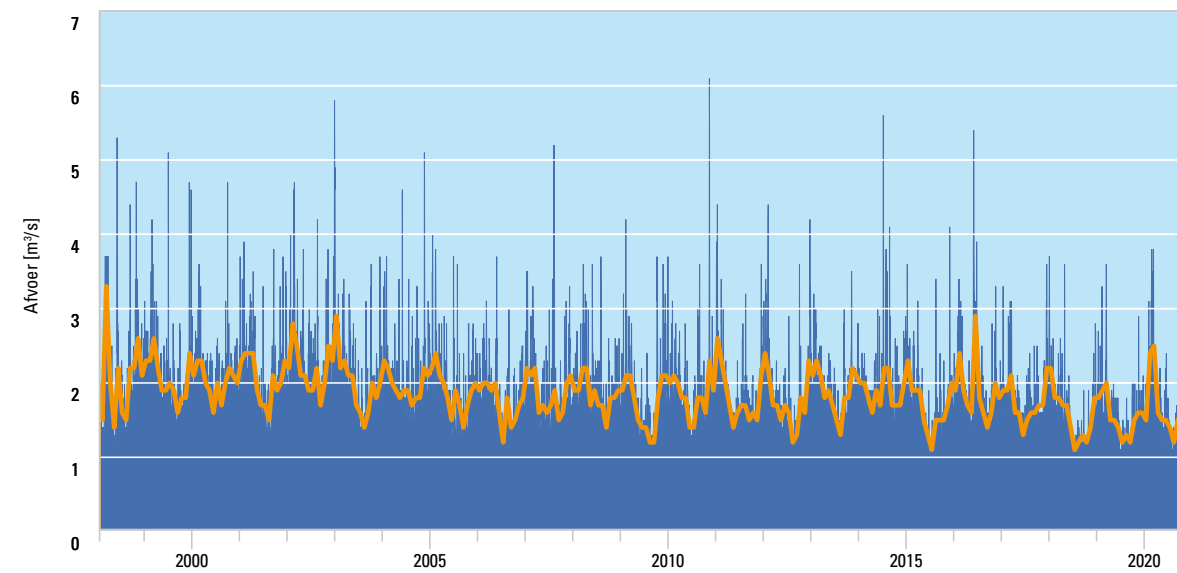
De afvoer van de Roer wordt in belangrijke mate beïnvloed door twee stuwmeren. Het grootste en belangrijkste stuwmeer is de Rurtalsperre, gelegen op de plaats waar de Urft uitmondt in de Roer. Het in 1959 gereed gekomen stuwmeer heeft een capaciteit van 205 Mio m³. Het stuwmeer dient voor het vergroten van kleine afvoeren en voor de reductie van hoogwatergolven. Later zijn daar als doelen verbetering van de waterkwaliteit, energiewinning en drinkwatervoorziening bijgekomen. Vlak voor de Rurtalsperre bevindt zich in de Urft de Urfttalsperre, die een capaciteit heeft van 45,5 Mio m³. Dit stuwmeer dient ter vermindering van hoogwaterafvoeren en voor de electriciteitsproductie. Deze twee stuwmeren hebben tezamen een capaciteit van 250 Mio m³, ongeveer net zoveel als alle stuwmeren in het Belgische Maasgebied tezamen. In het stroomgebied bevinden zich nog enkele andere, kleinere stuwmeren.

A.22 Swalm te Rijksweg

De Swalm is een kleine zijrivier die wat opbouw betreft sterk lijkt op de Niers.

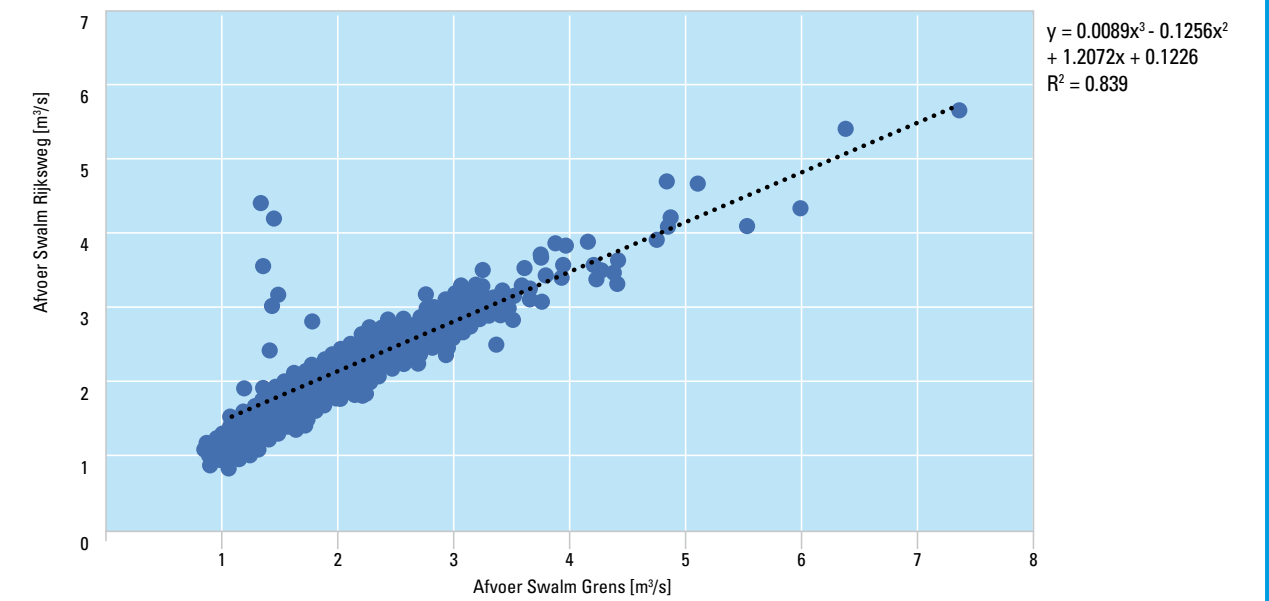
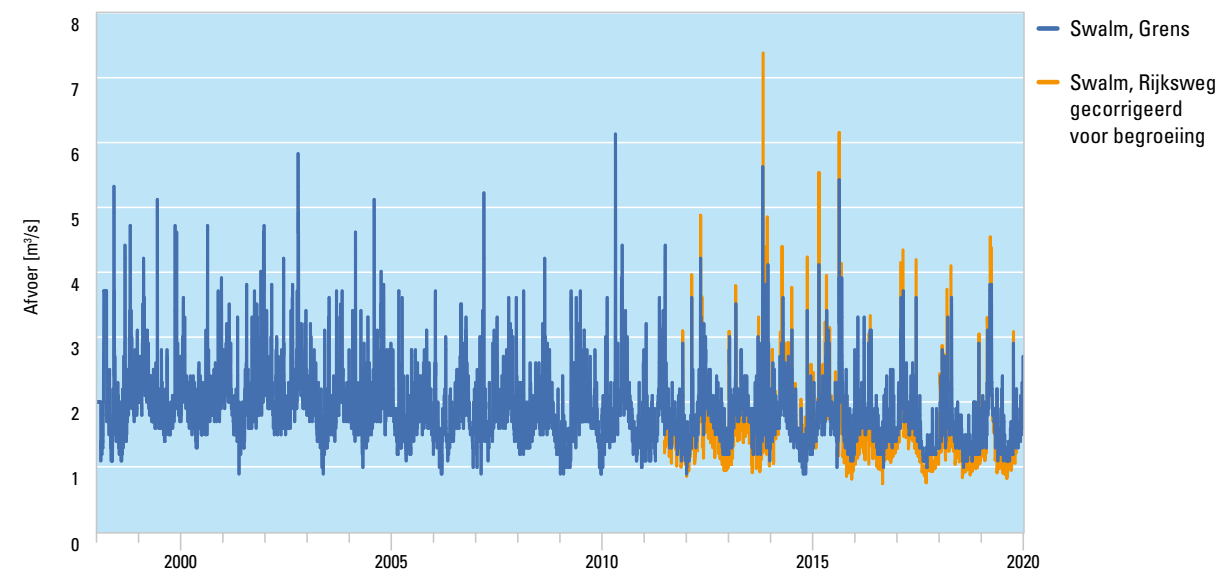
Bron: waterschap Limburg en Elwas.

Opmerking: Waterschap Limburg is op een bepaald moment gestopt met meten bij de Rijksweg en overgeschakeld naar het meetpunt bij de grens. Aan de hand van de relatie in onderstaande scatterplot is de data vertaald van de Grens naar de Rijksweg. De Rijksweg is hier gekozen aangezien dit station meer benedenstrooms ligt. De resterende missende waarden (90 van de 8401) zijn opgevuld met afvoeren van de dag ervoor.



Figuur 55 Afvoer Swalm.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.



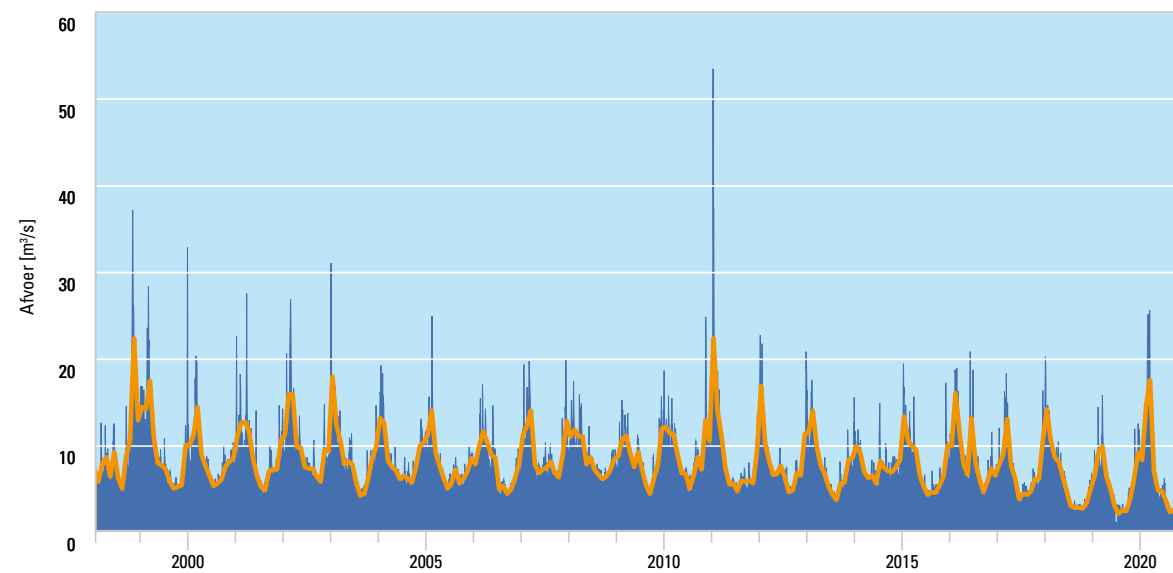
A.23 Niers te Kessel

Met een stroomgebied van 1358 km² vormt de Niers één van de grotere bekkens van de Maas. De Niers ontspringt ten zuiden van Mönchengladbach te Holzweiler en mondt uit op NAP + 7 m in de Maas bij Ottersurn. Het stroomgebied is vlak en ligt voor het grootste deel beneden de 100 m. Het hoogste punt van het stroomgebied ligt op NAP + 106 m. De lengte van de rivier is ca. 119 km. Het verhang is, met uitzondering van de bovenloop, gemiddeld 0,0003. De gemiddelde jaarneerslag bedraagt 719 mm. Een deel van de afvoer bereikt via het Nierskanaal de Maas. Het Nierskanaal loopt vanuit Geldern naar het westen en mondt bij Ooijen uit in de Maas

Bij een hoogwater kunnen afvoeren van 20 tot 30 m³/s bereikt worden. Gezien de grootte van het stroomgebied is dit een lage waarde. De verklaring kan gevonden worden in het vlakke gebied, de relatief geringe neerslag en de grote infiltratiecapaciteit. In droge perioden loopt de afvoer terug tot ongeveer 1 m³/s.

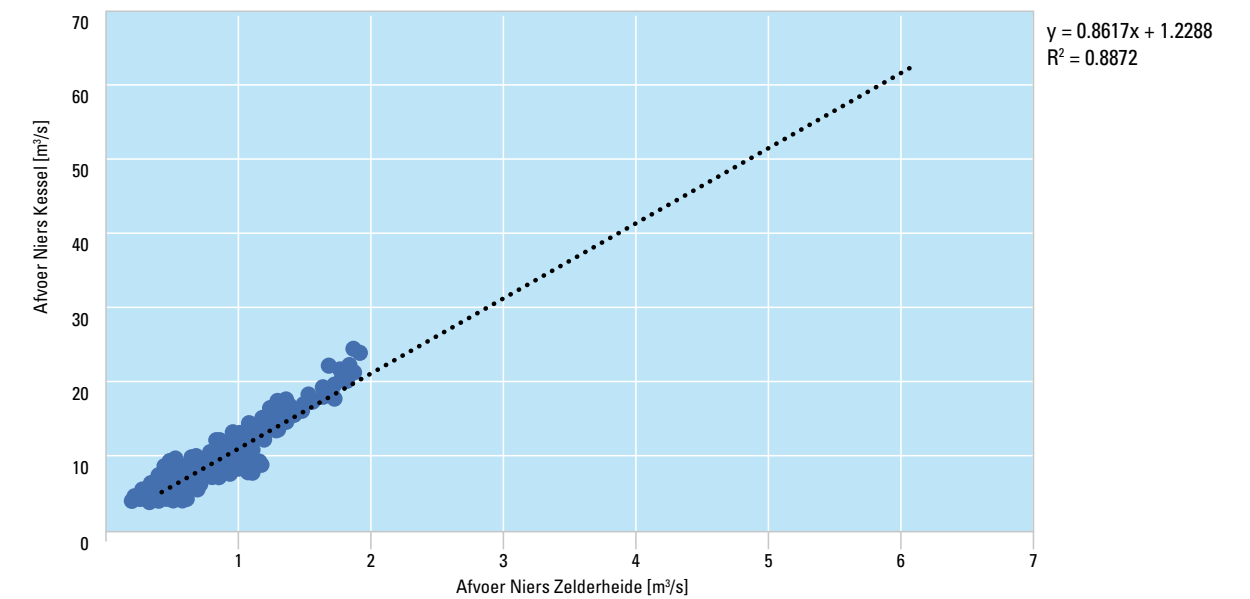
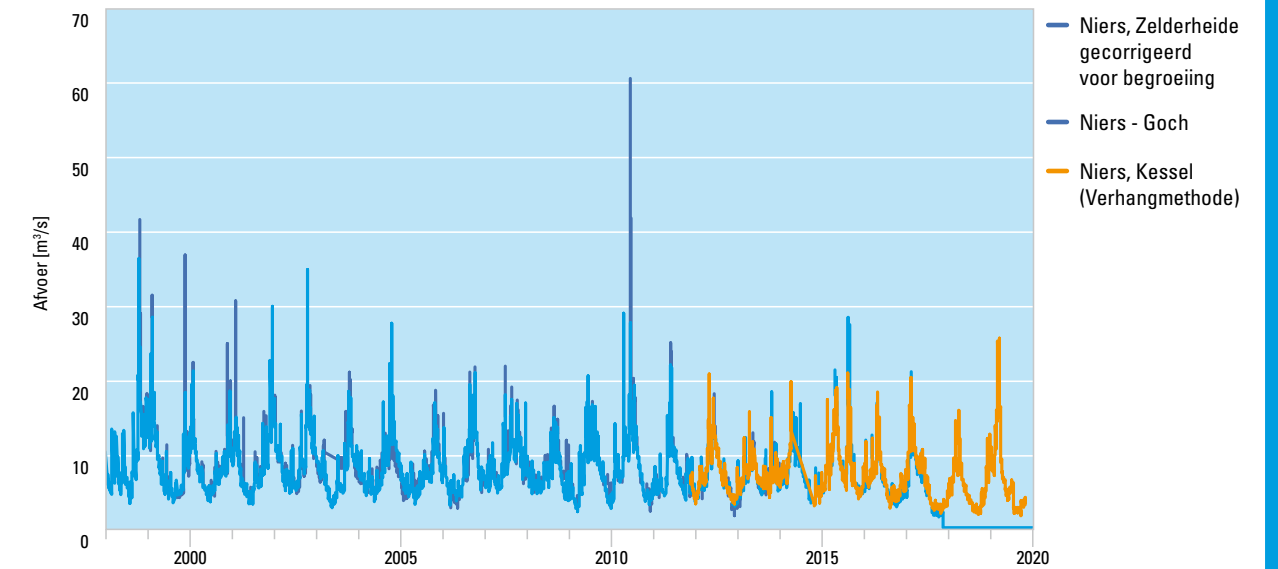
Bron data: waterschap Limburg (Zelderheide en Kessel) en Elwas (Goch).

Opmerking: het waterschap is in 2012 overgestapt van het meten bij Zelderheide naar Kessel. De totale tijdreeks bij Kessel is tot stand gekomen door gebruik te maken van de bovenstroomse stations Zelderheide en Goch volgens relaties als aangegeven in onderstaande scatterplots.

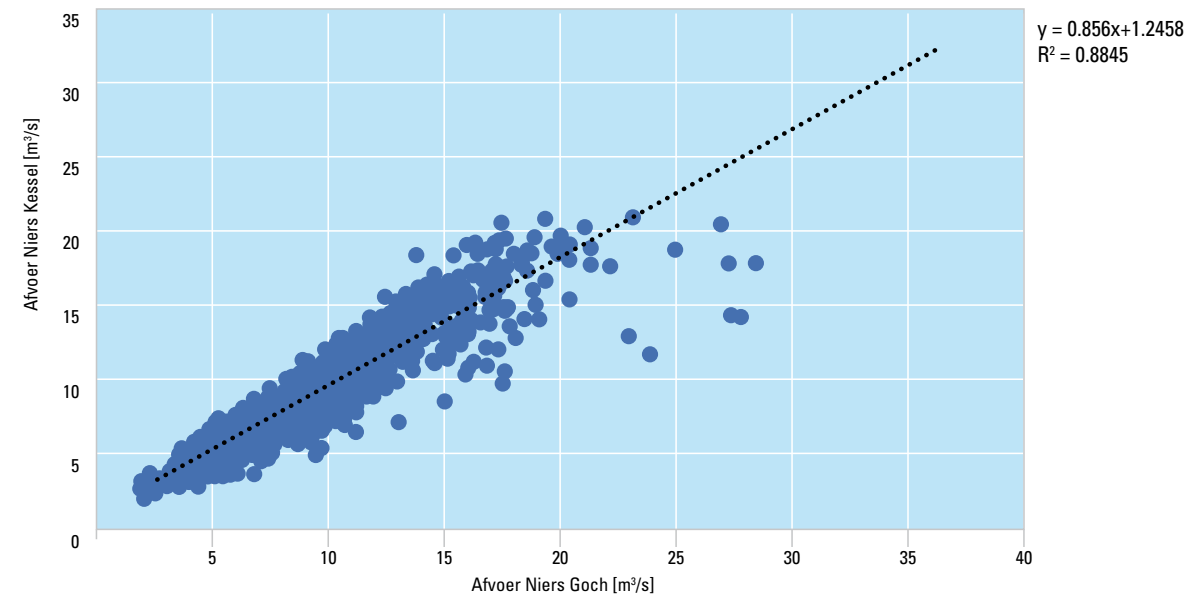


Figuur 56 Afvoer Niers.

De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.



A.23 Niers te Kessel (vervolg)



A.24 Dieze te Engelen

De Dieze is een rivier met een groot bijdragend oppervlak. De rivier ontstaat uit de samenvloeiing van Aa, Dommel en Zuid Willemsvaart en is zelf slechts enkele kilometers lang. Het stroomgebied is in dekzandgronden gelegen en zeer vlak.

In de situatie met hoge afvoeren zijn er beperkte sturingsmogelijkheden om de afvoer van de Dieze te verhogen, met name door:

- Tijdelijke stuwverlagingen bovenstrooms = tijdelijk meer aanbod water;
- Afvoer via Drongelens Kanaal geknepen = meer water via de Dieze;
- Peil Dieze verlagen bij spuiwerk Creveceour = tijdelijke hogere afvoer;
- Aanvoer via kanalenstelsel tijdelijk verhogen.

Deze sturingsmogelijkheden zijn tijdens laagwatersituaties niet beschikbaar. Tijdens laagwater bestaat een groot deel van de afvoer van de Dieze uit de bijdrage van RWZI's.

Gemiddeld over het jaar hebben de RWZI's een bijdrage van 4,3 m³/s.

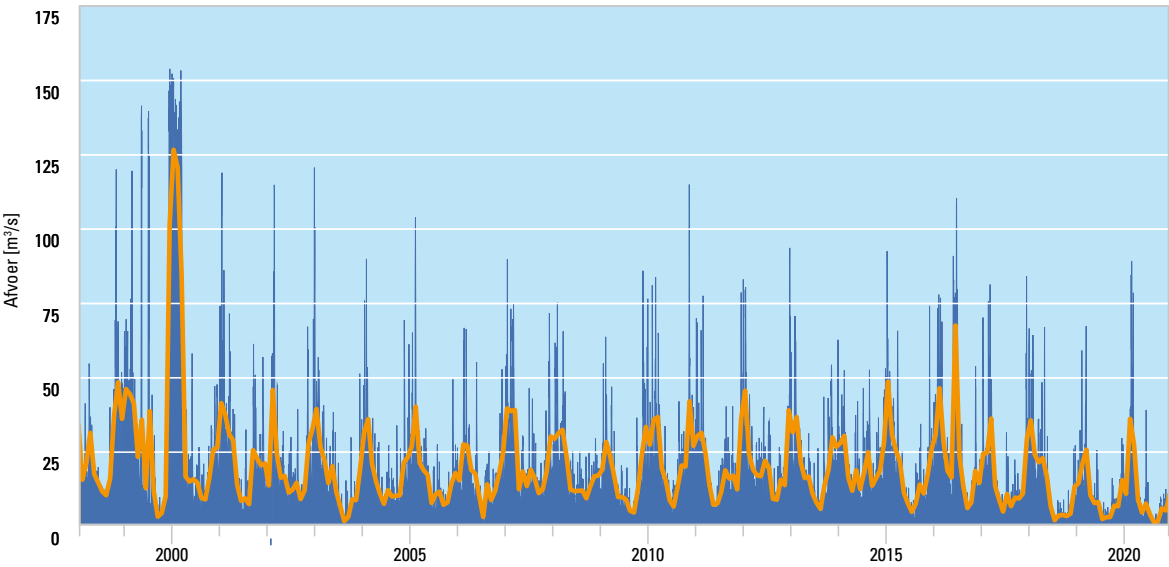
RWZI	Debiet m³/jaar	Debiet m³/s
RWZI Asten	5.000.000	0.16
RWZI Aarle-Rixtel	23.000.000	0.73
RWZI Dinther	16.000.000	0.51
RWZI Vinkel	4.000.000	0.13
RWZI 's-Hertogenbosch	19.000.000	0.6
RWZI Eindhoven	54.000.000	1.71
RWZI Hapert	4.500.000	0.14
RWZI St Oedenrode	5.500.000	0.17
RWZI Boxtel	5.000.000	0.16
Totaal	136.000.000	4.31

Bron data: waterschap AA en Maas

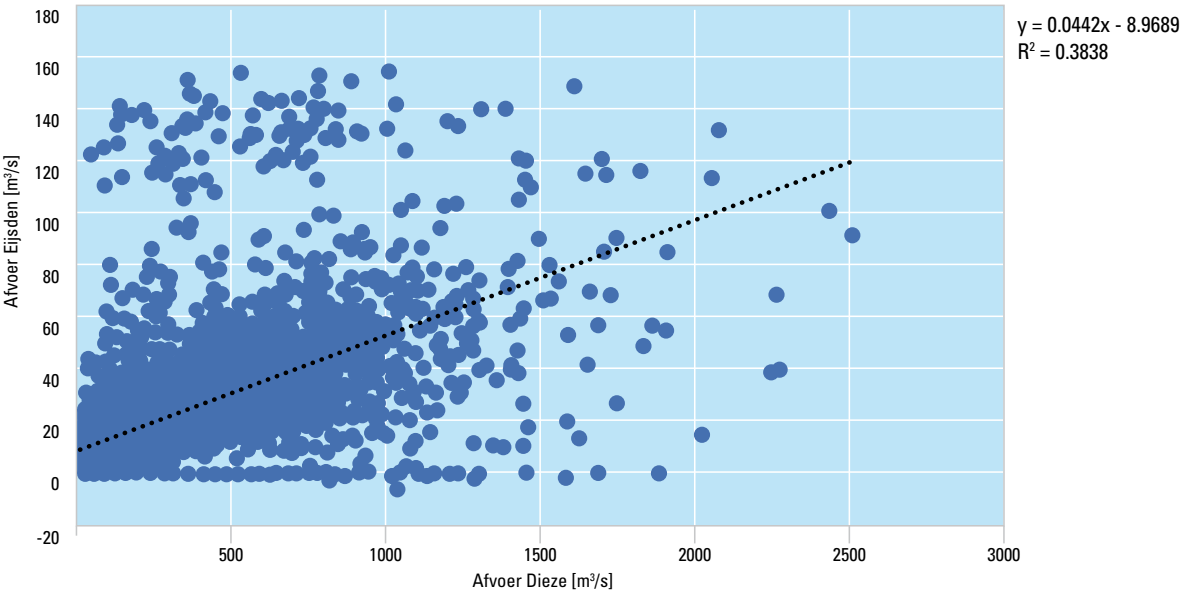
Ontbrekende waarden: 273 van de 8401 dagwaarden.

Opmerking: Data beschikbaar vanaf 1-10-1998, daarvoor opgevuld volgens relatie met Eijsden (zie scatterplot hieronder).

A.24 Dieze te Engelen (vervolg)



Figuur 57 Afvoer Dieze.
De blauwe- en oranje lijnen geven respectievelijk dag- en maandgemiddelde waarden.





De Vesdre.



RIWA-Maas

RIWA - Vereniging van Rivierwaterbedrijven
Sectie Maas

Postbus 4472
3006 AL ROTTERDAM
Schaardijk 150
3063 NH ROTTERDAM
T +31(0)10-2936200
E riwamaas@riwa.org