



Universiteit Utrecht

# Klimaat verandering en conflict in Sub-Sahara Afrika

Een interdisciplinair  
literatuuronderzoek naar  
Sub-Sahara Afrika in 2050

Leusink, Bram 3244415

Mouwen, Maties 3491544



# Inhoud

<b>Inleiding</b> .....	<b>3</b>
<b>Lijst met afkortingen</b> .....	<b>6</b>
<b>Hoofdstuk 1 Milieu-Natuurwetenschappen</b> .....	<b>7</b>
§1.1 Sub-Sahara Afrika .....	7
§1.2 De relatie tussen agricultuur en klimaat .....	8
§1.3 Scenario's .....	10
§1.4 Het klimaat onder A2-omstandigheden in 2050 .....	11
§1.4 Het DSSAT-model .....	13
§ 1.4.1 CO <sub>2</sub> -Fertilisatie in het DSSAT-model .....	14
§1.5 Het klimaat onder A2-omstandigheden in 2050 .....	15
§1.6 Resultaten .....	15
§1.7 Discussie en beantwoording van de deelvraag .....	17
§1.7.1 De gevolgen voor voedselzekerheid .....	18
§1.7.2 De hoofdvraag .....	19
<b>Hoofdstuk 2 Conflict Studies</b> .....	<b>20</b>
§2.1 Sociale gevolgen van schaarste .....	21
§2.1.1 Drie scholen .....	22
§2.1.2 Bronnen van schaarste .....	22
§2.1.3 Sociale interacties .....	23
§2.1.4 Klimaatverandering en voedselzekerheid .....	24
§2.2 Sociale interacties en conflict .....	27
§2.2.1 Environmental Scarcity tot conflict .....	30
§2.2.3 Voedselzekerheid en conflict .....	31
§2.3 Conclusie .....	33
<b>Hoofdstuk 3 Common Ground</b> .....	<b>35</b>
§3.1 Veronderstelde verbanden .....	36
§3.2 Daadwerkelijke verbanden .....	37
<b>Hoofdstuk 4 Integratie</b> .....	<b>39</b>
<b>Hoofdstuk 5 Conclusie en Aanbevelingen</b> .....	<b>42</b>
§5.1 Conclusie .....	42
§5.2 Aanbevelingen .....	42
<b>Bibliografie</b> .....	<b>44</b>

## Inleiding

Klimaatverandering is een veel besproken onderwerp in de media, wetenschap en onder de mensen. Verschillende scenario's over de opwarming van de aarde worden door wetenschappers gepresenteerd. Enkele graden warmer zou de aarde de komende eeuw kunnen worden, als gevolg van menselijk handelen. In sommige gebieden zal het daardoor warmer en droger worden, terwijl elders juist meer regen valt te verwachten. De gevolgen hiervan kunnen zeer groot zijn.

Overstromingen, verwoestijning, smelten van het Noordpool ijs en aantasting van ecosystemen behoren tot de meest bekende en genoemde problemen. Op kleine schaal zien we al de gevolgen van klimaatverandering. Leefgebieden van dieren verschuiven door temperatuurverandering. Ook voor planten is dit het geval, tegenwoordig is het zelfs mogelijk om druiven voor wijn in Noorwegen te laten groeien.

Een belangrijk probleem is dat de negatieve gevolgen van klimaatverandering waarschijnlijk bij de allerarmsten der aarde het best tastbaar zullen zijn (Godfray et al., 2010, pp. 9). In landen in Afrika en Azië waar de bevolkingsdruk hoog is, kunnen kleine veranderingen in het klimaat grote gevolgen hebben. In deze gebieden besteden veel mensen een groot deel van het inkomen aan primaire levensbehoeften zoals voedsel, water en onderdak. Mochten de kosten hiervan sterk oplopen, dan wordt het steeds moeilijker om rond te komen. De stijging van voedselprijzen lijdt in arme regio's vaak tot grote woede en opstanden. De voorspelling is dat de voedselprijzen wereldwijd zullen oplopen als gevolg van klimaatverandering. Dit kan zorgen voor grote spanningen en opstanden over voedsel en water.

De centrale vraag van deze literatuur studie is:

In hoeverre zal klimaatverandering via verminderde voedselproductie leiden tot een toename in conflicten in Sub-Sahara Afrika?

Hierbij vergelijken we met een toekomst zonder klimaatverandering. Zoals uit figuur 10 blijkt wordt de relatie tussen klimaatverandering en conflict ook vaak in verband gebracht met andere factoren dan voedsel, zoals in intensiteit en frequentie toegenomen extreme weersomstandigheden. Wij richten ons echter enkel op de relatie tussen klimaatverandering en conflict via voedsel. Figuur 10 wordt in deze literatuur studie gebruik als raamwerk en is samengesteld door de Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Verder richten we ons in deze studie op Sub-Sahara Afrika (SSA), omdat verwacht wordt dat klimaatverandering hier een grote invloed zal hebben. Daarnaast zijn veel landen in dit gebied politiek zeer instabiel, waardoor dergelijke veranderingen voor veel problemen kunnen zorgen.

Omdat de hoofdvraag complex is werken we allereerst met een deelvraag die de relatie tussen klimaat en voedselproductie onderzoekt. Deze eerste deelvraag luidt: Wat is de invloed van klimaatverandering op de productie van voor consumptie gebruikte landbouw gewassen in Sub-Sahara Afrika?

Centraal in de relatie tussen een veranderde voedselproductie en conflict staat de term 'voedselzekerheid'. Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden dient deze nader onderzocht te worden. Hierom onderzoeken wij in de tweede deelvraag of het aannemelijk is dat door een afname van de productie een verminderde voedselzekerheid zal ontstaan, die kan leiden tot conflicten. Deze tweede deelvraag luidt: In hoeverre zorgt een veranderde voedselproductie voor een verminderde voedselzekerheid die tot conflict(en) kan leiden in SSA?

De genoemde complexiteit van dit onderwerp wordt ook duidelijk aan de hand van figuur 10. Hierin zien we dat vele aspecten uit veel verschillende disciplines een rol spelen. Vanwege deze complexiteit van de vraag biedt een interdisciplinaire aanpak meerwaarde. Meerdere disciplines kunnen inzichten verschaffen die mogelijk relevant zijn voor deze vraag. Wanneer alle relevante inzichten in beschouwing worden genomen kan dat tot een breder inzicht leiden en kan een compleet antwoord op de vraag worden geformuleerd. Daartoe dienen wel de grenzen van verschillende vakgebieden overschreden te worden. Door de inzichten uit verschillende vakgebieden samen te nemen wordt meerwaarde gecreëerd die kan helpen de onderzoeksvraag te beantwoorden.

Verscheidene (sub)disciplines zouden interessant kunnen zijn voor dit onderzoek. Dit valt af te leiden uit alle verschillende aspecten die in figuur 10 te zien zijn. Uit de natuurwetenschappen kan een bijdrage worden geleverd door: Natuurkunde (klimaatfysica) en Milieu-Natuurwetenschappen. Uit de Sociale wetenschappen: Economie, Milieu-Maatschappijwetenschappen, Psychologie, Sociologie en Conflictstudies (Politieke geschiedenis en sociale betrekkingen). Van de Geesteswetenschappen zou mogelijk geschiedenis nog een bijdrage kunnen leveren. Milieu-Natuurwetenschappen en Milieu-Maatschappijwetenschappen zijn sub disciplines van de Milieuwetenschappen en hebben beide een multidisciplinair karakter. Enige overlap bestaat tussen de genoemde vakgebieden. Zo is Milieu – Natuurwetenschappen een vakgebied dat onder andere gestoeld is op Natuurkunde en is Milieu-Maatschappijwetenschappen een vakgebied dat overlap vertoont met sociale wetenschappen. Natuurkunde verschaft inzicht in de fysische processen van de atmosfeer en de oceaan maar aangezien wij met name geïnteresseerd zijn in de gevolgen hiervan is dit voor ons van secundair belang. Milieu- Natuurwetenschappen beschouwt juist de gevolgen van deze fysische processen. Economie kan mogelijk inzicht verschaffen over het karakter van de relatie

tussen gewijzigde voedselproductie en voedselzekerheid. Wij zijn geïnteresseerd in de gevolgen van veranderingen in de agricultuur voor de voedselzekerheid. Dit wordt wederom beschouwd door de Milieuwetenschappen. Van de sociale wetenschappen en geschiedenis is Conflictstudies het beste uitgerust voor het beantwoorden van onze onderzoeksvraag. Hierom zal dit interdisciplinaire onderzoek uitgevoerd worden door een expert uit de Milieu-Natuurwetenschappen en een expert uit de Conflictstudies.

De eerste deelvraag zal in hoofdstuk 1 worden behandeld vanuit de MNW. Vervolgens wordt hoofdstuk één afgesloten door vanuit de MNW een tijdelijk antwoord op de hoofdvraag te formuleren. Om tot dit antwoord te komen wordt in §1.7.1 enig (beperkt) inzicht vanuit de MNW discipline in voedselzekerheid toegepast. Hiermee wordt ook een overgang gevormd naar hoofdstuk twee. Voedselzekerheid en de tweede deelvraag worden namelijk in meer detail in hoofdstuk twee onderzocht vanuit de Conflictstudies. Ook hoofdstuk twee wordt afgesloten met een tijdelijk antwoord op de hoofdvraag, ditmaal vanuit de Conflictstudies. Vervolgens wordt in hoofdstuk drie de mogelijkheid waar nodig gecreëerd en anders gebruikt om deze disciplinaire inzichten naast elkaar te leggen om vervolgens tot een breder begrip van de situatie te komen en de hoofdvraag definitief te beantwoorden.

Dit is een vraagstuk met een duidelijke maatschappelijke relevantie. Conflicten en schaarste voorzien en daardoor wellicht voorkomen komt de desbetreffende maatschappij ten goede.

## Lijst met afkortingen

**CIA – Central Intelligence Agency**

**CSIRO – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation**

**DSSAT – Decision Support System for Agrotechnology Transfer**

**FAO–Food and Agriculture Organization**

**GDP – Gross Domestic Product**

**IFPRI – International Food Policy Research Institute**

**IMPACT – International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade**

**IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change**

**ISPAM – IFPRI Spatial Production Allocation Model**

**NCAR–National Center for Atmospheric Research**

**SRES – Special Report on Emissions Scenarios**

**SSA – Sub-Saharan Afrika**

**WFS – World Food Summit**

**WHO – World Health Organization**

# Hoofdstuk 1 Milieu-Natuurwetenschappen

We beginnen in dit hoofdstuk met wat achtergrond informatie over Sub-Sahara Afrika te verschaffen, de regio waar dit onderzoek op gericht is. Verder wordt in dit hoofdstuk inzicht verschaft in de eerste deelvraag. Deze luidt: Wat is de invloed van klimaatverandering op de productie van voor consumptie gebruikte landbouw gewassen in Sub-Sahara Afrika? Om deze vraag te kunnen beantwoorden moet er worden gekeken naar het klimaat in 2050 in SSA en de relatie tussen dit klimaat en agricultuur. Het hoofdstuk wordt afgesloten met beantwoording van de eerste deelvraag en een antwoord op de hoofdvraag vanuit de MNW.

Klimaatverandering → Voedselproductie → Voedselzekerheid

## §1.1 Sub-Sahara Afrika

Om de omvang van dit onderzoek in te perken richten wij ons hier alleen op de invloed van klimaatverandering op voedselproductie in Sub-Sahara Afrika. Een tweede reden dat we ons op deze regio te richten is de consensus die er bestaat dat Afrika het meest kwetsbare continent is en dus waarschijnlijk het meeste te lijden zal krijgen onder de klimaat verandering (Fischer, Shah, Tubiello & Veldhuizen, 2005, pp. 2068; Boko et al., 2007, pp. 435; Nelson et al., 2009, pp. 8; Parry et al., 2005, 2125; Slingo et al., 2005, 1988; Müller, Cramer, Hare & Lotze-Campen, 2011, pp. 2; Boko et al., 2007, pp.2). Vooral deze tweede reden maakt SSA tot een interessant werelddeel om te onderzoeken.

Deze kwetsbaarheid komt doordat er in Sub-Sahara Afrika momenteel veel arme mensen zijn zonder voedselzekerheid. Voedselzekerheid is op de World Food Summit (WFS) in november 1996 door de FAO gedefinieerd als “...when all people at all times have the physical or economic access to sufficient safe and nutritious food to meet their dietary needs and food preferences for an active and healthy life” (pp.19). Zoals de FAO (2008) ook heeft aangegeven zijn het juist deze mensen met weinig voedselzekerheid die het eerste zullen worden getroffen (pp.5). Ook de dominante rol van agricultuur in de economie draagt bij aan de kwetsbaarheid. In 2006 voorzag agricultuur nog 65.9% van de economisch actieve populatie van Sub-Sahara Afrika van werk (FAO, 2008, pp. 44). Uit een publicatie van de Wereldbank (2011) blijkt dat in 2009 13.1% van het GDP van Sub-Sahara afkomstig was van agricultuur (pp. 101). In een publicatie uit 2011 van het Britse ‘Department for Business Innovation & Skills’ (BIS) (2011) wordt genoemd dat agricultuur voor heel Afrika 65% van de



werkgelegenheid verschaft en 25-30% van het GDP<sup>1</sup> (pp.28). Veel mensen zijn daar dus direct afhankelijk van agricultuur.

Ook kampt Afrika met een schaarste aan kapitaal voor adaptatiemaatregelen en is er een slechte infrastructuur (Fischer et al., 2005, pp. 2068; Nelson et al., 2009, pp. 10; Müller et al., 2011, pp. 1; Boko et al., 2007, pp. 435). De warmere uitgangswaarde van het klimaat daar en het feit dat 97% van het akkerland door regen van water wordt voorzien dragen ook bij aan deze kwetsbaarheid (Fischer et al., 2005, pp. 2068; Calzadilla, Zhu, Rehdanz, Tol & Ringler, 2009, pp. 9).

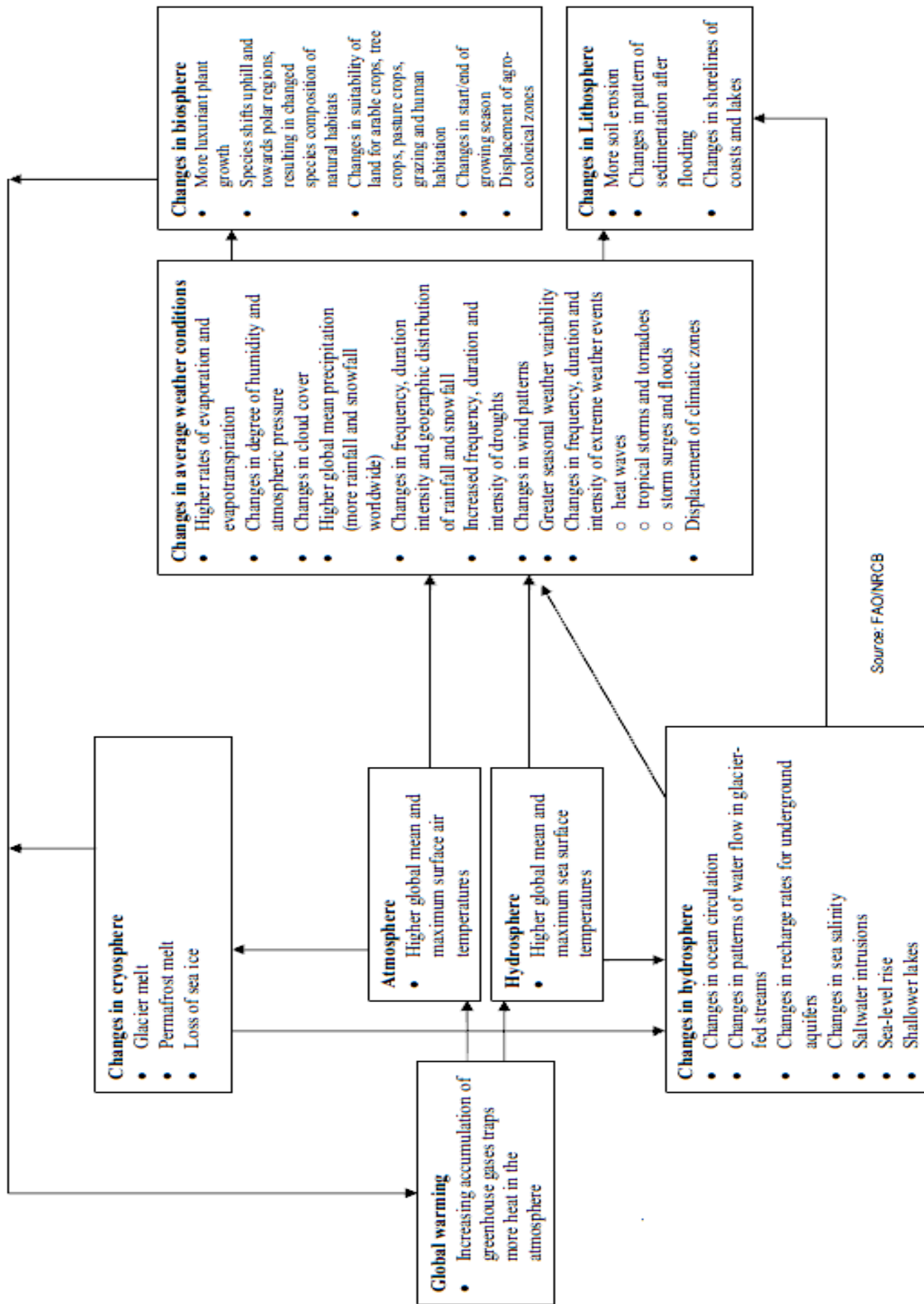
## §1.2 De relatie tussen agricultuur en klimaat

Nu we kennis hebben gemaakt met de onderzoek regio zullen we dieper ingaan op de relatie die in de eerste deelvraag centraal staat. De relatie tussen klimaat en gewassen productie. Hoe voedselproductie tot stand komt is een complex systeem waarbij naast fysiologische aspecten ook verschillende economische aspecten een rol spelen. *(zie voor een model het IMPACT model van de IFPRI, 2009 in bijlage I)* Voor ons doeleinde zijn we echter met name geïnteresseerd in de invloed van klimaatfactoren op de voedselproductie. Alsnog krijgen we dan met zeer veel verschillende aspecten te maken die van invloed zijn op de groei van gewassen. Zo is het soort plant dat wordt verbouwd van belang, minimum en maximum temperaturen, zoninstraling en neerslag, bodemtype, chemische en fysische gegevens van de akker, gewassenbeheer, variëteit van de gewassen op de akker, moment van planten (maand en dag), ruimtelijke plaatsing ten opzichte van andere planten, samenstelling van de lucht, windsnelheden tijdens de groei, fertilisatie en irrigatie (Huntingford, Lambert, Gash, Taylor & Challinor., 2005, pp. 1999-2000; Nelson et al., Appendix I, 2009, pp. 2-7). Naast al deze factoren worden vooral veranderlijkheid van het weer en extreme weersomstandigheden verwacht ook een grote impact te hebben op de agriculturele productie (Polly, Ingram & Liverman, 2009, pp. 376).

De klimaatverandering waar we op dit moment mee te maken hebben beïnvloedt veel van deze factoren en dus de voedselproductie. Figuur 1 geeft de relatie weer tussen de meeste aspecten die van invloed zijn op plantgroei en klimaatverandering. In welke mate ieder van deze klimaatfactoren precies verandert is onder andere afhankelijk van de hoeveelheid broeikasgassen die we (nog gaan) uitstoten. Om toch inzicht te geven op wat er mogelijk gaat komen, werken we daarom met scenario's.

---

<sup>1</sup> Zie voor de bijdrage van agricultuur aan het GDP per land 'the worldfactbook' van de CIA (CIA, 2012).



Source: FAO/NRCB

Figuur 1, Mondiale klimaatwarming en veranderingen in het klimaatsysteem. Bron: FAO, 2008

## §1.3 Scenario's

Raskin et al. (2005) definiëren scenario's als volgt:

Scenarios are plausible, challenging, and relevant stories about how the future might unfold, which can be told in both words and numbers. Scenarios are not forecast, projections, predictions or recommendations. They are about envisioning future pathways and accounting for critical uncertainties. (pp. 36)

Gangbare en veelgebruikte scenario's zijn de scenario's uit het Special Report on Emission Scenarios (SRES) rapport van het Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (Nebosja Nakicenovic et al., 2000). In dit rapport worden vier families van scenario's onderscheiden, ieder met zijn eigen aannamen over groei in wereldpopulatie, economische, cultureel/sociale, technologische, milieukundige en beleidsmatige ontwikkelingen. Wij kiezen er voor om hier te werken met het "A2" scenario omdat dit een 'worst case scenario' is wanneer het aankomt op voedselproductie en voedselproblemen. Door met dit 'worst case' scenario te werken kunnen we te weten komen waar we in het ergste geval aan toe zijn. Voorbereid zijn op het ergste is geen overbodige luxe. Nelson et al. zeggen hierover "At one time the A2-scenario was considered an extreme scenario although recent findings suggest it may not be." (pp.4)

Het A2-scenario wordt gekenmerkt door een zeer grote groei van de wereldpopulatie. Verder wordt dit scenario gekarakteriseerd door een terugschakeling naar grootschalig gebruik van kolen en de hoogste N<sub>2</sub>O uitstoot van alle scenario's. Het A2-scenario kent de meest meeste temperatuurstijging van alle scenario's tegen het jaar 2100 en het inkomensgat tussen ontwikkelings- en ontwikkelde landen wordt in het A2-scenario niet minder.

Nebosja Nakicenovic et al. (2000) beschrijven dit scenario als volgt:

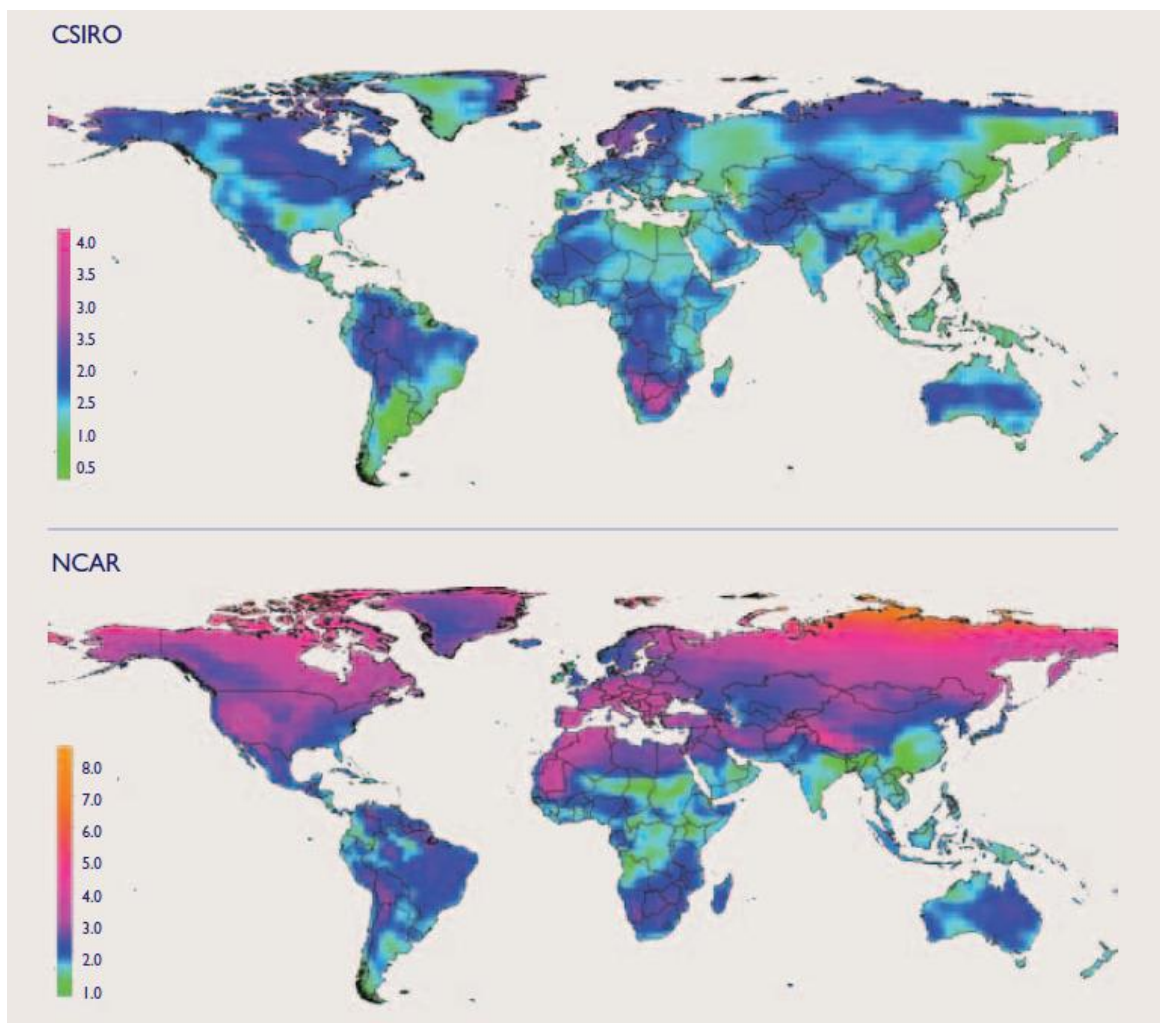
The A2-storyline and scenario family described a very heterogeneous world. The underlying theme is self-reliance and preservation of local identities. Fertility patterns across regions converge very slowly, which results in continuously increasing global population. Economic development is primarily regionally oriented and per capita economic growth and technological change are more fragmented and slower than in other storylines. (pp.70)

Verdere informatie over de totstandkoming van de scenario's is te vinden op de website van het IPCC. (IPCC, 2012)

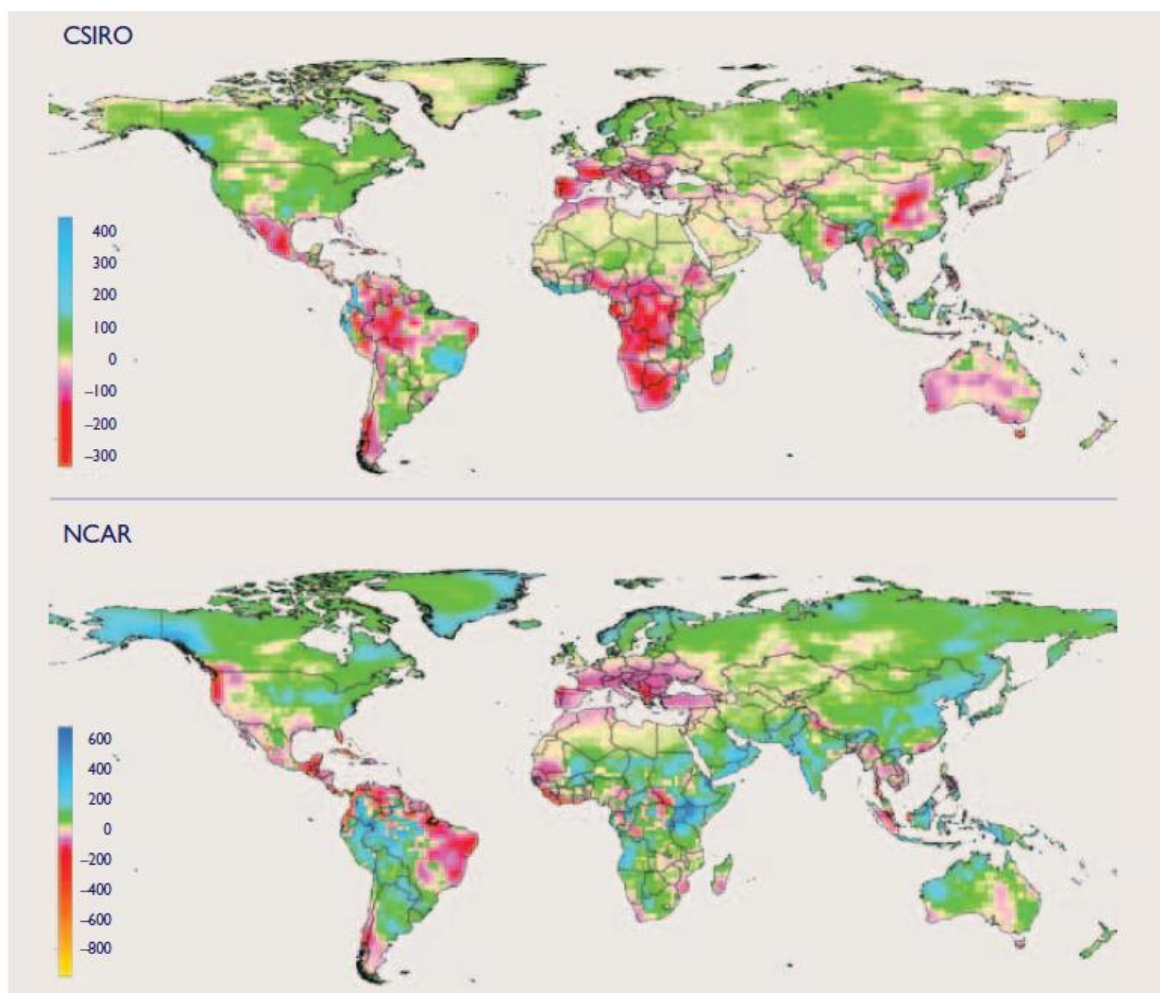
Nu we een scenario hebben gekozen kunnen we bepalen hoe de voedselproductie zich zal ontwikkelen als deze 'verhaallijn' werkelijkheid wordt. In §1.2 hebben we gezien welke (klimaat)aspecten allemaal van invloed zijn op de groei van gewassen. Wanneer we iets willen zeggen over de voedselproductie in dit scenario moeten we bepalen hoe ieder van de eerder genoemde (klimaat)aspecten zich zullen gedragen in het A2-scenario. Om een uitspraak te kunnen doen over de voedselproductie in een A2-scenario toekomst gebruiken we in dit onderzoek resultaten uit modellen.

## **§1.4 Het klimaat onder A2-omstandigheden in 2050**

Omdat klimaatveranderingsscenario's onzeker zijn gebruiken we twee verschillende klimaatmodellen om het A2-scenario te modelleren. Deze modellen modelleren het klimaat in 2050 op basis van de eigenschappen van een A2-wereld zoals die eerder zijn gepresenteerd. Deze twee klimaatmodellen zijn het 'National Center for Atmospheric Research'(NCAR) model, United States (NCAR, 2012) en het 'Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization' (CSIRO) model, Australia (CSIRO, 2012). Het 'nattere' NCAR model voorspelt een gemiddelde toename van de neerslag op land van zo'n 10%, terwijl het 'drogere' CSIRO model een toename van 2% voorspelt. In figuur 2 en 3 worden de verschillen weergegeven tussen het NCAR en CSIRO in 2050 voor neerslag en temperatuurstijging. We zien dat de voorspelde gemiddelden temperaturen voor de twee modellen niet erg veel verschillen voor Sub-Sahara Afrika. In de voorspelde neerslag verschillen de modellen echter wel substantieel, het NCAR model voorspelt meer neerslag in Sub-Sahara Afrika dan het CSIRO model. Deze figuren geven het bereik weer van mogelijk klimaatuitkomsten voor het A2-scenario en geven een indicatie van de onzekerheid in de gevolgen van klimaatverandering (Nelson et al., 2009, pp. 13).



Figuur 2, Verandering in gemiddelde maximum temperatuur in graden Celsius, 2000-2050. Bron: Nelson et al., 2009



Figuur 3, Verandering in neerslag (mm), 2000-2050. Bron: Nelson et al., 2009

## §1.4 Het DSSAT-model

Hoe de klimaatverandering zoals die zou kunnen ontstaan in het A2-scenario voedselproductie beïnvloedt is door het IFPRI berekend. Hierbij hebben zij gebruik gemaakt van het Decision Support System Agro technology Transfer (DSSAT) model. Het IFPRI heeft onderzocht hoe klimaatverandering de voedselproductie beïnvloedt door het biofysische DSSAT-model te combineren met een dataset (ISPAM) waarin de locatie van de gewassen en de gebruikte gewassenbeheermethoden zijn opgenomen. Het DSSAT-gewas-simulatie-model is een zeer gedetailleerd procesmodel waarin dagelijkse klimaatdata ingevoerd dient te worden zoals maximum en minimum temperaturen, zoninstraling, neerslag, beschrijving van de bodem, fysische en chemische eigenschappen van de akker en gewasbeheer informatie. Op deze manier worden de meeste aspecten waarvan we in §1.1 hebben gezien dat ze van belang zijn meegenomen. Zo kan de dagelijkse ontwikkeling van een gewas, van zaaien tot oogsten worden voorspeld (Nelson et al., Appendix I, 2009, pp. 3; Jones et al., 2003, pp. 3). Uitgebreidere informatie over het DSSAT-model is te vinden in het artikel "The DSSAT cropping system model" uit 2003 van J.W. Jones et al.

In het gebruik van het DSSAT-model is door het IFPRI één aanname gemaakt die limiterend is voor de nauwkeurigheid van de resultaten. Deze aanname is dat alle klimaatvariabelen lineair veranderen tussen 2000 en 2050. Deze aanname elimineert iedere willekeurige extreme gebeurtenis zoals droogte, tropische cyclonen of perioden met veel regenval. Klimaatverandering behelst niet alleen hogere gemiddelde temperaturen en veranderde gemiddelde neerslag maar juist ook een toename in extreme weersomstandigheden. De momenteel beschikbare klimaatscenario-data is echter niet omvattend genoeg om dergelijke gebeurtenissen te voorspellen. Op deze manier worden de negatieve effecten van de veranderlijkheid van het weer en extreme omstandigheden onderschat, effecten waarvan we in §1.1 gezien hebben dat ze van grote invloed op de landbouw productie (kunnen) zijn. Voor het uitsluiten van extreme weersomstandigheden wordt in dit onderzoek niet gecorrigeerd. Dit betekent dat de werkelijkheid negatiever zal uitvallen dan de resultaten uit dit onderzoek. Deze aanname betekent ook dat de toename aan broeikasgassen lineair wordt verondersteld. Mogelijke versnelde klimaatsverandering wordt zo dus niet meegenomen en ook hiervoor wordt niet gecorrigeerd. We merken dat we hier tegen de grenzen van onze huidige kennis en kennis oplopen. We kunnen wel het klimaat voorspellen, maar niet het weer (Nelson et al., Appendix I, 2009, pp. 4 & 17).

De precisie van de uitkomsten wordt naast aannamen mede bepaald door de nauwkeurigheid en de compleetheid van de gebruikte data. Voor het DSSAT-model moest worden gekozen tussen CO<sub>2</sub>-fertilisatie wel of niet mee te nemen en zijn er enkele effecten van klimaat

verandering die niet konden worden gemodelleerd door data limiteringen. Het CO<sub>2</sub>-fertilisatie-effect wordt besproken in de volgende sub-paragraaf. Van de effecten die niet konden worden meegenomen door datalimiteringen is het vrijwel zeker dat ze de voedselproductie negatief zouden beïnvloeden. Zo is het negatieve effect van plagen en ziektes niet meegenomen in het DSSAT-model. Deze worden waarschijnlijker groter bij warmere temperaturen. Ook het gevolg van zeeniveaustijging voor agriculturele gebieden aan de kust is niet meegenomen. Tevens is gebleken dat lente/zomer tarwe wereldwijd meer wordt verbouwd terwijl er met winter tarwe, een andere variëteit van tarwe, is gemodelleerd (Nelson et al., Appendix I, 2009, pp. 6 & 17-18; Nelson et al., 2010, pp. 131). Voor alle overige gebruikte data en databronnen kunt u terecht in de bijlage: 'Methoden' van het Climate Change, impact on agriculture and Costs of Adaptation rapport uit 2009 van de IFPRI.

### § 1.4.1 CO<sub>2</sub>-Fertilisatie in het DSSAT-model

Het DSSAT-model bevat de mogelijkheid om zogeheten 'CO<sub>2</sub>-fertilisatie' te betrekken bij de berekeningen. Het IFPRI heeft resultaten gepresenteerd waarbij de effecten van CO<sub>2</sub>-fertilisatie wel zijn opgenomen in het model en resultaten waarbij de effecten van CO<sub>2</sub>-fertilisatie niet zijn opgenomen. Tot op heden is CO<sub>2</sub>-fertilisatie een veel bediscussieerd aspect van dergelijke berekeningen omdat het de voorspelde voedselproductie aanzienlijk beïnvloedt. De resultaten met CO<sub>2</sub>-fertilisatie vallen een stuk positiever uit. CO<sub>2</sub>-fertilisatie houdt in dat wanneer de CO<sub>2</sub>-concentratie stijgt, planten een efficiëntere waterhuishouding krijgen en beter kunnen groeien. Lang werd gedacht dat dit effect de andere negatieve effecten van klimaatverandering enigszins zou compenseren. Op deze manier is CO<sub>2</sub>-fertilisatie ook door het IFPRI opgenomen in het DSSAT-model. Uit recente literatuur blijkt echter dat een verhoogde CO<sub>2</sub>-concentratie ook negatieve gevolgen voor plantgroei met zich mee brengen waardoor het uiteindelijke effect van een verhoogde CO<sub>2</sub>-concentratie onzeker blijft (Gornall et al. 2010, pp. 1 & 11; Parry, Rosenzweig & Livermore, 2005, pp. 2137; Slingo, Challinor, Hoskins & Wheeler, 2005, pp. 1984). Zo is gebleken dat een verhoogde CO<sub>2</sub>-concentratie de vatbaarheid van sojabonen voor de Japanse kever vergroot en de vatbaarheid van mais voor de Maiswortelboorder (Nelson et al., 2010, pp. 37 & 118). Ook kan een verhoogde CO<sub>2</sub>-concentratie schadelijk zijn voor de kwaliteit en dus de voedselwaarde, van sommige gewassen (Gornall et al., 2010, pp. 11).

Hier komt nog bij kijken dat de concentratie ozon (O<sub>3</sub>) in de lucht momenteel ook stijgt en dit waarschijnlijk zal blijven doen. De nadelige effecten van deze concentratiestijging zijn niet

meegenomen in het model terwijl uit experimenten blijkt dat een verhoogde ozonconcentratie, afhankelijk van het gewas, verliezen in oogst tot wel 20% kan veroorzaken. Uit de literatuur blijkt dat enig positief effect van een verhoogde CO<sub>2</sub>-concentratie zeer waarschijnlijk teniet zal worden gedaan door een verhoogde O<sub>3</sub>-concentratie (Jaggard, Qi & Ober, 2010; Long, Ainsworth, Leaky & Morgan, 2005; Slingo et al., 2005, pp. 3).

Omdat de uitwerking van een verhoogde CO<sub>2</sub>-concentratie op gewassen tot op heden nog onzeker is (Nelson et al., 2010, pp. 118). En omdat mogelijke positieve invloed zeer waarschijnlijk teniet zullen worden gedaan door een verhoogde O<sub>3</sub>-concentratie (Jaggard et al., 2010; Long et al., 2005; Slingo et al., 2005, pp. 3). Wordt in dit onderzoek gekeken naar de resultaten waarvoor géén positieve effecten van CO<sub>2</sub>-fertilisatie zijn meegenomen in het model.

## §1.5 Het klimaat onder A2-omstandigheden in 2050

Omdat klimaatveranderingsscenario's onzeker zijn gebruiken we twee verschillende klimaatmodellen om het A2-scenario te modelleren. Deze modellen modelleren het klimaat in 2050 op basis van de eigenschappen van een A2-wereld zoals die eerder zijn gepresenteerd. Deze twee klimaatmodellen zijn het 'National Center for Atmospheric Research'(NCAR) model, United States (NCAR, 2012) en het 'Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization' (CSIRO) model, Australia (CSIRO, 2012). Het 'nattere' NCAR model voorspelt een gemiddelde neerslag toename op land van zo'n 10%, terwijl het 'drogere' CSIRO model een toename van 2% voorspelt. In figuur 2 en 3 worden de verschillen weergegeven tussen het NCAR en CSIRO in 2050 voor neerslag en temperatuurstijging. We zien dat de voorspelde gemiddelden temperaturen voor de twee modellen niet erg veel verschillen voor Sub-Sahara Afrika. In de voorspelde neerslag verschillen de modellen echter wel substantieel, het NCAR model voorspelt meer neerslag in Sub-Sahara Afrika dan het CSIRO model. Deze figuren geven het bereik weer van mogelijk klimaatuitkomsten voor het A2-scenario en geven een indicatie van de onzekerheid in de gevolgen van klimaatverandering (Nelson et al., 2009, pp. 13).

## §1.6 Resultaten

Nu bekijken we de resultaten voor Sub-Sahara Afrika volgens het NCAR en het CSIRO model voor enkele belangrijke voedselgewassen. We kijken naar de invloed van het A2-klimaatscenario op de voedselproductie en opbrengst zonder dat CO<sub>2</sub>-fertilisatie wordt meegenomen. In de resultaten valt een onderscheid te maken in de invloed van klimaatverandering op geïrrigeerde en regen gevoede akkerlanden. Aangezien 97% van de akkerlanden in Sub-Sahara Afrika niet geïrrigeerd is



(Calzadilla et al., 2009, pp. 9) richten we ons tot regen gevoede agricultuur. Gezamenlijk zijn de gewassen die hier worden onderzocht goed voor meer dan 50% van de calorie inname van mensen in ontwikkelingslanden. Zie hiervoor tabel 1. In tabel 2 wordt de waarde en de kwantiteit van de productie in SSA van de hier onderzochte gewassen gerapporteerd. De informatie uit tabellen 1 en 2 behelst helaas niet alleen Sub-Sahara Afrika. De getallen voor SSA zullen echter niet veel afwijken.

**Tabel 1, Calorie consumptie per commodity, 2000**

	Ontwikkelingslanden		%van dagelijkse inname Kcal	Laag-inkomen ontwikkelingslanden		%van dagelijkse inname Kcal
	Kcal per dag	Rang		Kcal per dag	Rang	
Aardnoten	42	13	1.68	39	12	1.91
Gierst	34	15	1.36	58	8	2.84
Mais	161	5	6.42	236	2	11.56
Rijst	631	1	25.18	713	1	34.93
Sorghum	39	14	1.56	68	7	3.33
Sojabonen	17	20	0.68	8	18	0.4
Tarwe	514	2	20.51	214	3	10.48
<b>Totaal</b>	<b>1365</b>		<b>57.39</b>	<b>1210</b>		<b>65.46</b>

Bron: Nelson et al., 2010. Noot: rang geeft de positie weer in een lijst van 25 voedselproducten naar bijdrage in Kcal aan dagelijkse calorie inname.

**Tabel 2, Waarde en kwantiteit van productie in Afrika, 2010**

	Productie in Afrika			
	Waarde (Int \$1000)*	Rang	Kwantiteit (MT)	Rang
Aardnoten	4350430	10	10298886	16
Gierst	Onbekend (20+)	Onbekend (20+)	15312228	13
Mais	6702631	5	64256358	3
Rijst	6112986	8	22855318	8
Sorghum	2925830	18	20949220	10
Sojabonen	Onbekend (20+)	Onbekend (20+)	Onbekend (20+)	Onbekend (20+)
Tarwe	3054697	14	20949220	9

Bron: FAOSTAT, 2012. Noot: rang geeft de positie weer op een lijst van 20 agrarische producten. MT is metrische ton.

\*Zie voor uitleg over de internationale dollar de website van de World Health Organization:

<http://www.who.int/choice/costs/ppp/en/index.html>

De klimaatverandering zal voor de opbrengst en productie van de onderzochte gewassen veelal nadelige gevolgen hebben. Dit blijkt uit tabel 3. Alleen de opbrengst van rijst kent onder het

CSIRO model een lichte toename. Vooral de productie van tarwe in Sub-Sahara Afrika krijgt in dit scenario zwaar te lijden onder de klimaatverandering. De resultaten in tabel 3 zijn verkregen door ieder gewas met steeds een interval van 0.5 lengte/breedte graad te groeien op de locaties waar volgens de ISPAM dataset het desbetreffende gewas wordt verbouwd. Voor iedere locatie is de opbrengst berekend met 2000 klimaat, relevante bodemcondities en relevante stikstof bemesting. Vervolgens heeft 2050 klimaat data de 2000 klimaat data vervangen en is de groei van het gewas opnieuw gemodelleerd (Nelson et al., 2009, pp. 14).

**Tabel 2, Verandering in opbrengst**

	CSIRO	NCAR
Aardnoten	-4.1	-8.6
Mais	-2.4	-4.6
Rijst	0.1	-0.5
Sojabonen	-3.6	-5.8
Tarwe	-19.3	-21.9

Bron: Nelson et al., Appendix II, 2009. Noot: Gewogen gemiddelde verandering per oppervlakte in opbrengst per gewas voor gewas teelt op basis van regen zonder CO<sub>2</sub>-fertilisatie in 2050 in SSA. (% verandering van opbrengsten met 2000 klimaat)

## §1.7 Discussie en beantwoording van de deelvraag

De resultaten voor aardnoten, mais, rijst, sojabonen en tarwe uit §1.6 worden door het IFPRI geëxtrapoleerd om een groter deel van de voedselproductie te omvatten. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de aanname dat planten met een gelijk fotosynthetisch pad en overige omstandigheden gelijk, hetzelfde zullen reageren op klimaatverandering. Van de gemodelleerde gewassen gebruiken gierst, sorghum, suikerriet en mais C-4 fotosynthese, wat betekent dat zij CO<sub>2</sub> in de eerste stap vastleggen in een verbinding met 4 koolstof atomen. Van deze gewassen wordt aangenomen dat zij allen de DSSAT resultaten volgen van mais in de desbetreffende gebieden. De overige onderzochte gewassen volgen het C3 pad en hiervoor is de gemiddelde respons van tarwe, soja en pinda's genomen voor de betreffende gebieden (Nelson et al., Appendix I, 2009, pp. 3).

De resultaten uit §1.6 maken een eenduidig antwoord op de deelvraag mogelijk. Ter beantwoording van de eerste deelvraag kan nu gesteld worden dat de klimaatverandering een negatieve invloed heeft op de productie van voor consumptie bestemde gewassen in Sub-Sahara Afrika.

De resultaten uit §1.6 geven een afname in calorie beschikbaarheid in 2050 aan. Niet alleen zal het aantal calorieën per persoon minder zijn dan zonder klimaatverandering, de caloriebeschikbaarheid zal wereldwijd zelfs dalen tot onder het niveau van het jaar 2000. Voorspeld wordt dat deze afname 10% zal bedragen relatief tot 2000 voor de gemiddelde consument in ontwikkelingslanden (Nelson et al., 2009, pp. 20). Deze afnamen in caloriebeschikbaarheid wordt deels veroorzaakt door de grote populatie waarover de beschikbare calorieën verdeeld dienen te worden in het A2-scenario (Nebosja Nakicenovic et al., 2000, pp. 13). Zie tabel 4 voor een weergave van de dagelijkse hoeveelheid beschikbare calorieën per persoon in SSA.

De verminderde opbrengst die we in §1.6 hebben gezien zal grote gevolgen hebben voor onder andere de voedselzekerheid in SSA. Deze gevolgen van de resultaten voor voedselzekerheid bespreken we in sub-paragraaf §1.7.1.

**Tabel 3, Dagelijkse calorie beschikbaarheid per persoon**

Regio	2000	2050		
		Geen klimaat verandering, Kcal/dag	NCAR geen CF, Kcal/dag	CSIRO geen CF, Kcal/dag
Sub-Sahara Afrika	2.316	2.452	1.924	1.931

Bron: Nelson et al., 2009. Noot: CF staat voor CO<sub>2</sub>-Fertilisatie

### §1.7.1 De gevolgen voor voedselzekerheid

Zoals al in de inleiding aangekondigd dient nu het begrip voedselzekerheid enigszins beschouwd te worden opdat de hoofdvraag kan worden beantwoord vanuit de MNW. In deze sub-paragraaf behandelen we het multi/interdisciplinaire begrip ‘voedselzekerheid’ vanuit de MNW discipline. Door een uitspraak te doen over voedselzekerheid zoeken we de grens van het MNW vakgebied op en rekken we deze wellicht zelfs een beetje op. Eén van de gevolgen van een verminderde productie en waarschijnlijk de belangrijkste, is een verminderde voedselzekerheid. Vier aspecten, waarvan voedselproductie er één is, spelen een rol bij voedselzekerheid. Deze vier aspecten zijn in de termen van de FAO “food availability, food accessibility, food utilization and food system stability” (pp. 5.) Zoals de FAO ook beschrijft is het de beschikbaarheid die mede wordt bepaald door de productie. “Food availability is determined by the physical quantities of food that are produced, stored, processed, distributed and exchanged (pp.36). Er wordt gesteld dat voedselzekerheid afneemt wanneer één van de vier genoemde aspecten onder druk komt te staan. Aangezien we hebben gezien dat de beschikbaarheid onder druk komt te staan bij een verminderde productie kan dus worden geconcludeerd dat de voedselzekerheid zal afnemen, met alle gevolgen

van dien (FAO, 2008, pp. 19-36; Gregory, Ingram & Brklacich, 2005, pp. 1-3; Ingram, Gregory & Izac, 2008, pp. 374-376; Boko et al., 2007, pp. 455). In de volgende sub-paragraaf reflecteren we kort op de hoofdvraag.

## §1.7.2 De hoofdvraag

Op dit punt hebben we zoveel mogelijk informatie besproken vanuit de MNW die kan bijdragen tot het beantwoorden van de hoofdvraag. We hebben gezien dat er onder een A2-scenario, wanneer CO<sub>2</sub>-fertilisatie buiten beschouwing wordt gelaten, een verminderde productie te verwachten valt in SSA. Hoewel met we met de productie slechts één van de vele aspecten van voedselzekerheid hebben onderzocht hebben we in de vorige sub-paragraaf gezien dat deze verminderde productie zeer waarschijnlijk toch zal leiden tot een verminderde voedselzekerheid. Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden dient nu ook iets gezegd te worden over de relatie tussen voedselzekerheid en conflict. Deze relatie tussen voedselzekerheid en conflict valt echter volledig buiten het vakgebied van de MNW. Des al niet te min is op basis van figuur 10 de verwachting gerechtvaardigd dat er een relatie bestaat tussen een veranderende productie en conflict. Het antwoord op de onderzoeksvraag vanuit een MNW perspectief, op basis van de resultaten is nu als volgt.

Klimaatverandering zal via voedsel leiden tot een grotere kans op conflict in sub-Sahara Afrika dan wanneer er geen klimaatverandering zou optreden.

## Hoofdstuk 2      Conflict Studies

De vraag naar natuurlijke hulpbronnen groeit, omdat er steeds meer mensen komen en zij gemiddeld genomen een hogere levensstandaard hebben. De productie en consumptie van goederen neemt daardoor toe (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2010). Daarnaast beïnvloedt de mensheid haar leefomgeving. Sommige veranderingen in die leefomgeving zorgen voor een verminderde milieukwaliteit, waardoor ecosystemen onder druk komen te staan en de diensten die zij leveren (bijvoorbeeld schone lucht, voedsel, zuiver water, enz..) beperkt zullen worden. Klimaatverandering is een voorbeeld van een potentieel schadelijke verandering in het milieu. Mede door deze veranderingen zal de druk op watervoorraden, niet-hernieuwbare energiebronnen en het voedselsysteem toenemen, waardoor er schaarste kan ontstaan. Schaarste drijft de prijzen van grondstoffen op en de toegenomen strijd voor de grondstoffen kan zorgen voor gewelddadige conflicten tussen landen en bevolkingsgroepen, zo is de gedachte (Urdal, 2005, pp. 418; Levy, 2007, pp. 31-32). Ook een afname van de voedselzekerheid zou tot een grotere kans op conflicten leiden (Barnett, 2007; Allouche, 2011; Scheffran & Battaglini, 2010).

In het eerste hoofdstuk hebben we de relatie tussen klimaatverandering en voedselzekerheid bekeken. We hebben aan de hand van modellen voorspellingen gedaan over de invloed van klimaatverandering op de productie van voedsel in Sub-Sahara Afrika. Het tweede deel van de probleemstelling betreft de relatie tussen voedselzekerheid en conflict. We zoeken een antwoord op de vraag: In hoeverre zorgt een veranderde voedselproductie voor een verminderde voedselzekerheid die tot conflict(en) kan leiden in SSA? Wij verwachten dat door een afname van de voedselzekerheid conflicten kunnen ontstaan en verergeren. In dit deel van het onderzoek staat de volgende relatie centraal:

Voedselzekerheid → Sociale effecten → Conflict

Om de relatie tussen voedselzekerheid en conflicten te kunnen onderzoeken delen we dit hoofdstuk in verschillende delen op. In het eerste deel bekijken we hoe voedselzekerheid wordt bepaald en uit welke aspecten dit is opgebouwd. Daarnaast onderzoeken we hoe sociale veranderingen veroorzaakt kunnen worden door een afname van de voedselzekerheid. In het tweede deel van het hoofdstuk belichten we de relatie tussen deze sociale veranderingen en conflictsituaties. Door het onderzoek zo op te delen kunnen we inzicht krijgen in de causale verbanden tussen voedselzekerheid en conflict.

Er zijn slechts een beperkt aantal studies gedaan naar de relatie tussen voedselzekerheid en conflict. Bovendien wijden de studies niet zeer uit over de verschillende sociale effecten en vormen van conflict die uiteindelijk kunnen ontstaan. Onderzoeken zijn ofwel gericht op de relatie tussen klimaatverandering en conflict, waarin voedselzekerheid een onderdeel is (Barnett, 2007; Brauch, 2002; Scheffran & Battaglini, 2010; Busby & Purvis, 2004) of houden zich bezig met de relatie tussen het meer algemene idee van de relatie tussen schaarste en conflict (Homer-Dixon, 1999; Urdal, 2005; Alcamo, Endejan, Kaspar & Rösch, 2001). Onderzoeken die direct op de relatie tussen voedsel en conflict gericht zijn, zijn niet erg sterk gericht op het identificeren van de causale verbanden (FAO, 2008; Allouche, 2011).

Om de relatie tussen voedselzekerheid en conflict toch te kunnen duiden passen we voedselzekerheid in, in het bredere concept 'environmental scarcity' en bepalen we wat hieraan ten grondslag kan liggen. Dit concept is zeer uitgebreid beschreven door Homer-Dixon en gebruikt door veel wetenschappers die de relatie tussen klimaat en conflict en tussen schaarste en conflict hebben willen omschrijven.

In zowel het eerste als het tweede deel van het hoofdstuk beginnen we met een algemene beschrijving van de relatie tussen schaarste, sociale effecten en conflict. Daarna zullen we specifiek kijken naar hoe dit zich verhoudt tot voedselzekerheid met speciale aandacht voor de situatie in landen in Sub-Sahara Afrika.

## §2.1 Sociale gevolgen van schaarste

Als er door een afname van de productie van voedsel een schaarste ontstaat, waardoor de voedselzekerheid in het geding komt, dan past dit onder het concept van een aantal bredere theorieën over de relatie tussen schaarste en conflict. Een groot aantal studies lijken er op te wijzen dat de relatie tussen schaarste en conflict bijna altijd via een aantal sociale effecten verloopt (Homer-Dixon, 1999; Allouche, 2011; Brauch, 2002; Busby & Purvis, 2004; FAO, 2008; Barnett, 2007). Anders gezegd; schaarste leidt niet direct tot conflict, maar verandert verhoudingen tussen actoren, waardoor er conflict kan ontstaan. In het volgende deelhoofdstuk geven we een overzicht van de belangrijkste studies op dit gebied, om een idee te krijgen hoe de relatie tussen schaarste en conflict werkt en passen we dit concept vervolgen toe op voedselschaarste.

De schaarste van natuurlijke hulpbronnen was een onderwerp dat grote denkers als Plato en Confucius duizenden jaren geleden al bezighield. Toch heeft het debat, zoals dat er nu uit ziet, pas

echt vorm gekregen aan het einde van de 18e eeuw, toen de Britse econoom Thomas Malthus zijn zorgen over de toekomst van de mensheid uitsprak. Malthus redeneerde dat, omdat de groei van de mensheid een exponentieel verloop kent, terwijl voedselproductie lineair groeit, op een gegeven moment de vraag naar voedsel de productie zal overstijgen. Dit zou volgens Malthus leiden tot armoede en honger op grote schaal, waardoor de populatie beperkt blijft, net zoals dat in het dierenrijk gebeurt. De voorspellingen die Malthus aan de hand van zijn theorieën deed, zijn tot op heden niet uitgekomen. Malthus had de groei van de mensheid overschat en belangrijker nog, de inventiviteit van de mensheid onderschat. Na zijn tijd is de productie van voedsel zeer sterk gegroeid (Allouche, 2011, pp. 53; Homer-Dixon, 1999, pp. 28-29).

### **§2.1.1 Drie scholen**

Er bestaan tegenwoordig drie scholen in de discussie over de relatie tussen welvaart, schaarste en bevolkingsgroei; de neo-Malthusianen, de economische optimisten en de distributionisten. De neo-Malthusiaanse wetenschappers gaan verder op de weg die Malthus was ingeslagen. Zij voorspellen dat met de groei van de populatie de productie per capita op een gegeven moment beperkt zal worden door grondstoftekorten en dat er steeds meer energie gestoken moet worden in het behouden van dezelfde levensstandaard. De economische optimisten verwachten dat schaarste op een markt zal lijden tot een hogere prijs. De hogere prijs stimuleert innovatie en specialisatie op dit gebied, waardoor de productiviteit zal toenemen. Het gevaar schuilt er volgens deze groep in dat markten niet goed werken, omdat overheden en instituties deze niet goed inrichten. Er is de nodige kritiek geuit op de vindingen van deze twee scholen. De neo-Malthusianen houden, net als Thomas Malthus zelf, te weinig rekening met de inventiviteit van de mensheid. Ook de economische optimisten zouden wel eens voor een verassing komen te staan, als blijkt dat de marktwerking werkt tot een bepaald punt, waarna prijzen weer enorm kunnen stijgen en de tekorten op kunnen lopen. Bovendien houden de economische optimisten rekening met een sterk politiek systeem en werkende instituties, iets dat tot op heden in veel landen niet aanwezig is. De distributionisten richten zich op de verdeling van welvaart en goederen. Ook zij geven aan dat de rol van instituties en de politiek essentieel zijn om tekorten te voorkomen, maar anders dan de economische optimisten ligt de nadruk op de verdeling van macht en welvaart in plaats van de optimalisering van markten (Homer-Dixon, 1999, pp. 28-35; Urdall, 2005).

### **§2.1.2 Bronnen van schaarste**

Schaarste van natuurlijke hulpbronnen kan ontstaan op drie manieren die elkaar kunnen versterken. Het aanbod van hulpbronnen kan afnemen, de vraag kan toenemen en actoren kunnen

uitgesloten worden van het gebruik van deze hulpbronnen. Homer-Dixon noemt dit respectievelijk “...*Supply-induced, Demand-induced and Structural scarcities.*” (Homer-Dixon, 1999, pp. 48). Een beperking van het aanbod kan ontstaan door een achteruitgang van een natuurlijke omgeving. Een toename van de vraag kan ontstaan door een groeiend aantal actoren of grotere afname per actor. Een tekort door een groei in vraag zal alleen ontstaan over bronnen waarbij het gebruik van de één de toegang van de ander zal beperken. Dit kan bijvoorbeeld om agricultuur, water en vis gaan. Structurele schaarste kan ontstaan doordat bepaalde actoren worden uitgesloten van toegang tot een bepaalde natuurlijke hulpbron. Dit kan bijvoorbeeld een bos, een akker of een waterbron zijn. Samen vormen deze drie bronnen van schaarste van natuurlijke hulpbronnen de *Environmental Scarcity* (Homer-Dixon, 1999, pp. 8-9 & 47-52).

### §2.1.3 Sociale interacties

Homer-Dixon geeft aan dat als gevolg van schaarste twee type interacties en verschillende sociale effecten kunnen ontstaan. De verschillende sociale effecten kunnen zowel positief (toename inventiviteit, nieuwe instituties en technologische ontwikkelingen) als negatief (afname economische- en landbouwproductie, versterkte toename migratie, polarisatie van de maatschappij en de afname van legitimiteit van instituties) zijn. Deze verandering worden echter nooit alleen verklaard door een toegenomen *Environmental Scarcity*, maar het kan wel een oorzaak en een stressfactor zijn in deze veranderingen, volgens Homer-Dixon (Homer-Dixon, 1999, pp. 73-79).

De interacties tussen de verschillende type schaarste bestaan uit *resource capture* en *ecological marginalization*. *Resource capture* komt voor als er een afname van het aanbod van een natuurlijke hulpbron bestaat of dreigt te komen of wanneer de vraag naar een hulpbron zo stijgt dat het mogelijk hoger dan het aanbod zal worden. Hierbij eigent een groep actoren zich het recht op de verdeling van een bepaalde natuurlijke hulpbron toe en bevoordelen zij zichzelf. Dit kan voortkomen uit hebzucht en uit angst voor de toekomst. *Ecological marginalization* kan ontstaan wanneer er een ongelijke toegang tot natuurlijke hulpbronnen gecombineerd wordt met een groeiende bevolking en dit zorgt voor migratie van de gediscrimineerde groepen naar een ecologisch zwakke gebieden. De druk op deze gebieden neemt toe, waardoor er een sterke aantasting van het milieu kan plaatsvinden. Mensen vertrekken uit gebieden omdat ze werkeloos zijn en niet kunnen voorzien in hun levensonderhoud. (Homer-Dixon, 1999, pp. 73-79).

Barnett en Adger kijken vooral welke invloed klimaatverandering kan hebben op *Human Security*, de capaciteit van samenlevingen om te reageren op aanvallen op het menselijk welzijn. Zij



beargumenteren dat in delen van de wereld de *Human Security* onder druk kan komen te staan onder invloed van klimaatverandering. Zowel de veranderende condities in temperatuur, vochtigheid en zeeniveau als de toename van extreem weer kan een grote invloed hebben. Barnett en Adger stellen dat de invloed op een maatschappij afhankelijk is van de mate waarin de economie afhankelijk is van natuurlijke hulpbronnen en de weerbaarheid van instituties tegen de gevolgen. Als gevolg van deze veronderstellingen concluderen ze dat mensen in ontwikkelingslanden zwaarder geraakt kunnen worden door klimaatverandering (Barnett, 2007, pp. 639-642).

Ook Scheffran en Battaglini benaderen de relatie tussen klimaat en conflict door een tussenstap te nemen. Deze tussenstap noemen zij *Human Dynamics*, de manier waarop een samenleving georganiseerd is, en waardoor de *Human Security* bepaald wordt. Scheffran en Battaglini geven aan dat zwakke overheidsstructuren zwaar kunnen leiden onder klimaatverandering. Zij zijn mogelijk niet in staat om *Human Security* te beschermen, waardoor gebieden mogelijk in een vicieuze cirkel van aantasting van het milieu, economische krimp, sociale onrust en politieke instabiliteit kunnen belanden (Scheffran & Battaglini, 2010, pp. S27-S30; Busby & Purvis, 2004, pp. 69).

#### **§2.1.4      Klimaatverandering en voedselzekerheid**

Klimaatverandering kan invloed hebben op de temperatuur, de neerslag, het aantal en de kracht van natuurrampen en het stijgen van de zeespiegel. Deze fysieke veranderingen zullen vervolgens zorgen voor sociaaleconomische veranderingen als lokale tekorten van drinkwater en voedsel, verschuiving van productiegebieden en een toename van gebieden waar tropische ziektes voorkomen (Busby & Purvis, 2004, pp. 67-68). Veel van deze mogelijke gevolgen van klimaatverandering kunnen hun weerslag hebben op het produceren van voedsel. Temperatuur, regenval, extreem weer en droogtes of overstromingen kunnen voedselproductie in bepaalde gebieden bevorderen en in anderen moeilijk maken of zelfs vernietigen. Voor voedselzekerheid gebruiken we de veelgebruikte definitie van de FAO; “...when all people at all times have the physical or economic access to sufficient safe and nutritious food to meet their dietary needs and food preferences for an active and healthy life” (FAO, 1996, pp.19). De FAO geeft aan dat voedselzekerheid breder is dan alleen de productie van voedsel. Voedselzekerheid hangt zelfs sterker af van sociaaleconomische ontwikkelingen dan voedselproductie. In de kern wordt voedselzekerheid bepaald door vier aspecten; “food availability, food accessibility, food utilization and food system stability” (FAO, 2008, pp. 5).

*Food Availability* bestaat hierin uit voedselproductie, import-export, gebruik van het voedsel en de voorraden. Een beperkte stijging van temperatuur is goed voor de voedselproductie in gematigde zones, maar in tropische en droge gebieden zal de productie afnemen, daarnaast zal de productie en beschikbaarheid van voedsel verplaatsen. Grote delen van Sub-Sahara Afrika zijn tropisch of droog. Uit een studie naar 5000 plantsoorten in SSA bleek dat voor 81%-97% van de plantsoorten de huidige habitats zullen krimpen of verplaatsen (Levin & Pershing, 2005). Niet alleen de productie van de vijf grote gewassen komt in gevaar, maar ook veel wild fruit en groente zal niet meer beschikbaar zijn. De veranderde productie en beschikbaarheid van voedsel in veel gebieden, zal meer vragen van vervoerssystemen.

*Food accessibility* bestaat uit de middelen waarmee een persoon toegang tot voedsel kan verschaffen. Klimaatverandering kan impact hebben op het inkomen van gezinnen, waardoor zij minder gemakkelijk op de markt aan het nodige voedsel kunnen komen. Voedselverdelingsmechanismen kunnen een belangrijke schakel zijn in het verlichten van de voedselonzekerheid. Tussen gemeenschappen en gezinnen zijn vaak afspraken gemaakt dat in tijden van schaarste bij de één, de ander te hulp schiet en vice versa. Als de onzekerheid echter zo groot wordt dat beide gezinnen/gemeenschappen in nood komen, dan heeft een dergelijke afspraak geen zin meer. Veranderingen in de voedselproductie hebben ook direct invloed op werkgelegenheid, waardoor gezinnen inkomen kunnen verliezen. Mensen die in gebieden wonen waar het nu al moeilijk is om aan voedsel te komen, kunnen bij verlies van inkomen helemaal onder druk komen te staan.

*Food utilization* is het gebruik van voedsel, hoe het wordt bereid, welke nutriënten er in zitten en of het daadwerkelijk voor consumptie wordt gebruikt. Klimaatverandering kan hier invloed op hebben, doordat het eetpatroon van mensen eentoniger wordt. De beschikbaarheid van voedsel uit de natuur neemt mogelijk af en mensen kiezen bij geldgebrek voor het goedkoopste voedsel. Hierdoor neemt de variatie af en krijgen mensen tekorten aan verschillende nutriënten, hetgeen voor een afname van de weerstand kan zorgen.

*Food system stability* beslaat de werking van het productie en distributiesysteem van voedsel in een land. Dit is onderhevig aan politieke keuzes en kan bijvoorbeeld zwaar leiden onder segregatie in de samenleving of conflicten. Deze vier factoren bepalen samen de voedselzekerheid, de productie van voedsel is hier slechts van beperkt belang. Een overzicht van de relatie tussen klimaat en voedselzekerheid is zichtbaar in Bijlage II, figuur 10 (FAO). (FAO, 2008, pp. 20-27).

De totale productie van voedsel in de wereld is momenteel ruimschoots genoeg voor de gehele wereldbevolking. Toch hebben mensen honger en is de voedselzekerheid van veel mensen zeer beperkt. Ook in de toekomst lijkt de mondiale voedselproductie te kunnen voorzien in de totale vraag naar voedsel, maar is de voedselzekerheid van iedere wereldburger niet gegarandeerd (Gleditsch, 2007, pp. 187). In de relatie tot voedselzekerheid lijkt ons de school van de Distributionisten de beste verklaring voor de problemen te geven. Waar neo-Malthusians en Economische Optimisten zich vooral bezig houden met de effecten op wereldwijde voedselproductie, bekijken de Distributionisten de problemen op een kleinere schaal. Mondiale veranderingen in voedseltekorten kunnen veranderingen in lokale voedselzekerheid niet verklaren. Zoals Gleditsch aangeeft: “While global resources may be abundant, local resources may not be sufficient. In other words, the key to avoiding serious and increasing resource scarcities lies in the question of distribution, within and between nations” (Gleditsch, 2007, pp. 188). Dit betekent ook dat lokale voedselproductie en distributie van groter belang zijn dan wereldwijde verwachtingen van de productie van voedsel.

Een afname van de voedselzekerheid door klimaatverandering kan daarom worden gezien als een *supply-induced scarcity* en een *structural scarcity*. Het is een *supply-induced scarcity* omdat klimaatverandering voor een achteruitgang van de natuurlijke omgeving kan zorgen, waardoor de voedselproductie in het geding komt (*food availability*). Daarnaast heeft het invloed op de variëteit van het beschikbare voedsel (*food utilization*). Daarnaast is het een voorbeeld van een *structural scarcity* omdat het in potentie de voedselvoorziening van bepaalde groepen zal verstoren en sommigen zullen worden uitgesloten van een gevarieerd dieet (*food accessibility, food system stability*). Door een daadwerkelijke of dreigende afname van het beschikbare voedsel in een gebied kunnen effecten als *resource capture* als *ecological marginalization* ontstaan. Dit zal mogelijk leiden tot grotere sociale ongelijkheid, maatschappelijke segregatie, economische achteruitgang en migratie.

De mate waarin landen vatbaar zijn voor bedreigingen die ontstaan als gevolg van een afname van de voedselzekerheid door klimaatverandering wordt bepaald door de afhankelijkheid van landen van de productie van voedsel en de kracht van de overheid om op dergelijke bedreigingen te reageren. In Sub-Sahara Afrika zijn veel landen te vinden waar de afhankelijkheid van de productie van voedsel zeer sterk is. Daarnaast is de overheid in veel van deze landen zwak en kan daardoor in beperkte mate reageren op de bedreigingen (Scheffran & Battaglini, 2010, pp. S31). Daardoor is de kans op behoorlijk sterke sociale effecten hier erg groot.

## §2.2 Sociale interacties en conflict

In het volgende deelhoofdstuk bekijken we de relatie tussen sociale interacties als gevolg van een veranderde voedselzekerheid en conflict. Binnen conflictstudies zijn er verschillende type theorieën die kunnen helpen verklaren tot welke vormen van conflict de beschreven sociale veranderingen kunnen leiden. Homer-Dixon deelt deze theorieën in op basis van het analyseniveau; het individu, de groep of op structureel niveau. Op het niveau van het individu speelt de relatie tussen frustratie en agressie een grote rol. De frustratie kan hoog oplopen als er sprake is van *Relative Deprivation*, een waargenomen negatief verschil tussen wat men krijgt en wat men heeft verwacht. Op groeps-niveau proberen de theorieën te verklaren waarom en wanneer groepen zich afzetten van andere groepen. Structurele theorieën op nationaal en internationaal niveau richten zich op de mogelijkheden tot conflict. Deze structurele theorieën gaan uit van het idee dat de actor een rationele overweging maakt om tot geweld over te gaan. Mogelijkheden zijn erg belangrijk bij de mobilisatie van troepen. Als de overheid zwak is en weinig legitimiteit geniet, zullen mensen eerder geneigd zijn zich bij een groep aan te sluiten. Middelen en een netwerk kunnen het mobilisatieproces versnellen, ook sterke organisaties kunnen een mobilisatieproces omarmen en versterken. Een derde belangrijke factor in een mobilisatieproces is de manier waarop een conflict geframed wordt (King, 2007, pp. 115-118; Homer-Dixon, 1999, pp.133-176).

Barnett en Adger beschrijven een aantal factoren die zij zien als de belangrijkste verbanden tussen klimaatverandering, *Human Security* en conflict. Zwakke staten, migratie, armoede (*Relative Deprivation*) en leven in fragiele ecosystemen zien zij als de belangrijkste verbanden. Met armoede bedoelen Barnett en Adger vooral de dreiging van een groeiende armoede en een angst voor de toekomst. In ontwikkelde landen bestaan deze angsten vaak niet zo sterk, omdat daar een sterk sociaal vangnet aanwezig is. In ontwikkelingslanden is dit echter vaak niet het geval. Deze bedreiging van een manier van bestaan kan mensen er toe drijven om zich bij militanten aan te sluiten. Daarnaast hebben Barnett en Adger aandacht voor de rol van de staat. De staat kan niet alleen voor een sociaal vangnet zorgen, maar ook voor de economische en politieke vrijheden waardoor mensen zich kunnen ontwikkelen zoals zij dat willen. Als deze vrijheden gegarandeerd zijn, zijn mensen minder angstig voor de toekomst en zijn mechanismes om conflicten op te lossen effectiever. Bovendien is de staat essentieel in het zorgen van een gelijke behandeling van verschillende groepen in een samenleving. In een democratie kunnen mensen zich uitspreken over het beleid van de overheid en hebben ze het idee dat ze zelf iets aan hun problemen kunnen doen. Als de staat haar burgers niet kan beschermen tegen gevaren, gaat dit vaak ten koste van de legitimiteit van het gezag, hetgeen de staat minder machtig maakt en kan zorgen voor sociale onrust (Barnett, 2007, pp. 643-655).

Brauch richt zich met name op hoe *Environmental Stress* een invloed kan hebben op conflicten. Milieudegradatie kan leiden tot schaarste, wat vervolgens kan leiden tot *Environmental Stress*. Er wordt onderscheid gemaakt tussen vijf uitkomsten van *Environmental Stress*; 1) Milieurampen komen steeds meer voor en worden steeds heftiger. De schade, het aantal doden en de economische verliezen van de rampen groeit elk decennium. Mede door klimaatverandering zijn de verwachtingen dat het aantal rampen ook in de komende jaren sterk zal toenemen. 2) Doordat sommige gebieden onaantrekkelijker worden om te wonen, onder invloed van klimaatverandering, trekken mensen er weg. Zowel in de gebieden waar mensen wegtrekken, als in de gebieden waar de migranten heen gaan, kan dit zorgen voor sociale onrust. 3) Ook een politieke crisis kan een uitkomst zijn van *Environmental stress*. Als de staat niet goed om kan gaan met de uitdagingen die voortkomen uit klimaatverandering, dan zal de legitimiteit en de kracht van de staat daar onder leiden. 4) Conflict kan op verschillende manieren een gevolg zijn van *Environmental Stress*. Zo geeft Brauch aan dat het van de volgende factoren afhangt of *Environmental Stress* tot geweld zal leiden; "... a) patterns of perception, b) economic vulnerability and resource dependency, c) institutional, socio-economic and technological capacity and d) cultural and ethno-political factors, that are based on e) the violence potential and internal security structures, f) political stability, participation rights and the rule of law, g) political and economic interdependence and h) on the knowledge on conflict resolution mechanisms" (Brauch, 2002, pp. 61). *Environmental Stress* kan echter ook voor meer samenwerking zorgen. Als de problemen op de juiste manier behandeld worden, dan kunnen ze bijvoorbeeld als gezamenlijke problemen van rivaliserende bevolkingsgroepen worden gezien. Samenwerking op dit gebied zou de groepen ook nader tot elkaar kunnen brengen (Brauch, 2002, pp. 55-62).

Homer-Dixon geeft aan dat er drie type conflicten kunnen voortkomen uit *Environmental Scarcity*. Het eerste type conflict is het *Simple-scarcity conflict* en kunnen worden verklaard door structurele theorieën over conflict. Dit zijn conflicten tussen staten die kunnen ontstaan door een rationeel proces waarbij staten afwegen wanneer ze tot geweld over gaan als de voorziening van een bepaalde natuurlijke hulpbron in het geding dreigt te komen. Dit is met name het geval bij landbouwgrond, rivierwater, bossen en visgebieden. Toch is het bewijs voor dit type conflict zeer dun, volgens Homer-Dixon, en zijn er nauwelijks voorbeelden te noemen. *Group-identity conflicts* komen over het algemeen voort uit grootschalige migratiestromen, die mede veroorzaakt kunnen zijn door *Environmental Scarcity*. In de gebieden waar de migranten heen gaan en er een groeiende druk op de natuurlijke hulpbronnen komt, kunnen etnische en culturele groepen zich versterken en neemt de vijandigheid tussen groepen toe. *Insurgencies* of opstanden kunnen worden verklaard door een combinatie van structurele en individuele conflicttheorieën. Opstanden komen voor als actoren

het gevoel hebben dat ze minder krijgen dan dat ze verdienen (*relative deprivation*), terwijl er mogelijkheden bestaan om op geweld over te gaan. *Environmental Scarcity* kan hierin een rol spelen, omdat het *relative deprivation* kan verergeren doordat het bijvoorbeeld economische ontwikkelingen beperkt. Daarnaast kan het mogelijkheden voor opstand vergroten doordat het kan leiden tot sociale segmentatie en het verstoren van institutionele verhoudingen. Deze verbanden zijn weergegeven in figuur 5 (Homer-Dixon, 1999, pp. 133-176; Urdal, 2005).

Allouche deelt de theorie in op schaalgrootte. Op het gebied van de internationale betrekkingen stelt hij dat de impact van schaarste op dit niveau niet heel groot zal zijn. Er zijn verschillende wetenschappers die aan de hand van klimaatvoorspellingen ook voorspellingen over zogenaamde *water wars* hebben gedaan, maar het empirische bewijs lijkt hiervoor zeer minimaal. Er zijn nauwelijks internationale conflicten te vinden waarin schaarste van water of voedsel meer dan een bijrol hebben gespeeld. Op een (sub-)nationaal niveau hebben landen die te maken hebben met een afname van de milieukwaliteit wel grotere kans op een burgeroorlog. Schaarste van natuurlijke hulpbronnen heeft echter vaak meer te maken met verdeling dan met een productieafname. Op een lokaal niveau lijkt het verband tussen schaarste en *human insecurity* het sterkst. In ecologisch zwakke gebieden, waar sprake is van een zwakke overheid zijn de kansen op geweldadige confrontaties tussen groepen het grootst. Op nationaal en lokaal niveau kan schaarste een bron zijn van conflict, op internationaal niveau lijkt dit minder voor de hand liggend (Allouche, 2011, pp. S3-S6).

Daarnaast heeft een groep wetenschappers met een model geprobeerd om milieustress aan conflict te verbinden. Zij verbinden milieudegradatie aan *human security* en bekijken vervolgens hoe dit tot conflicten kan leiden. Daarbij komen ze tot een algemeen model over de relatie van milieustress en de kracht van de overheid en hoe dit tot conflict kan leiden (Alcamo et al., 2011).

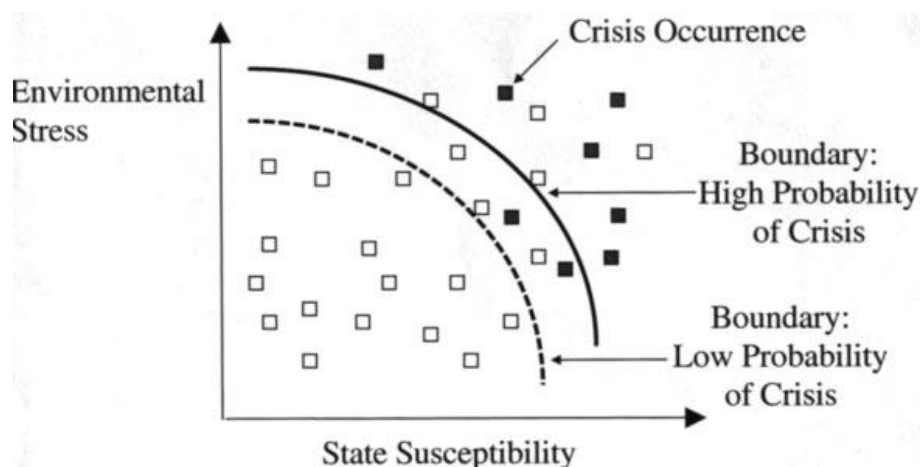
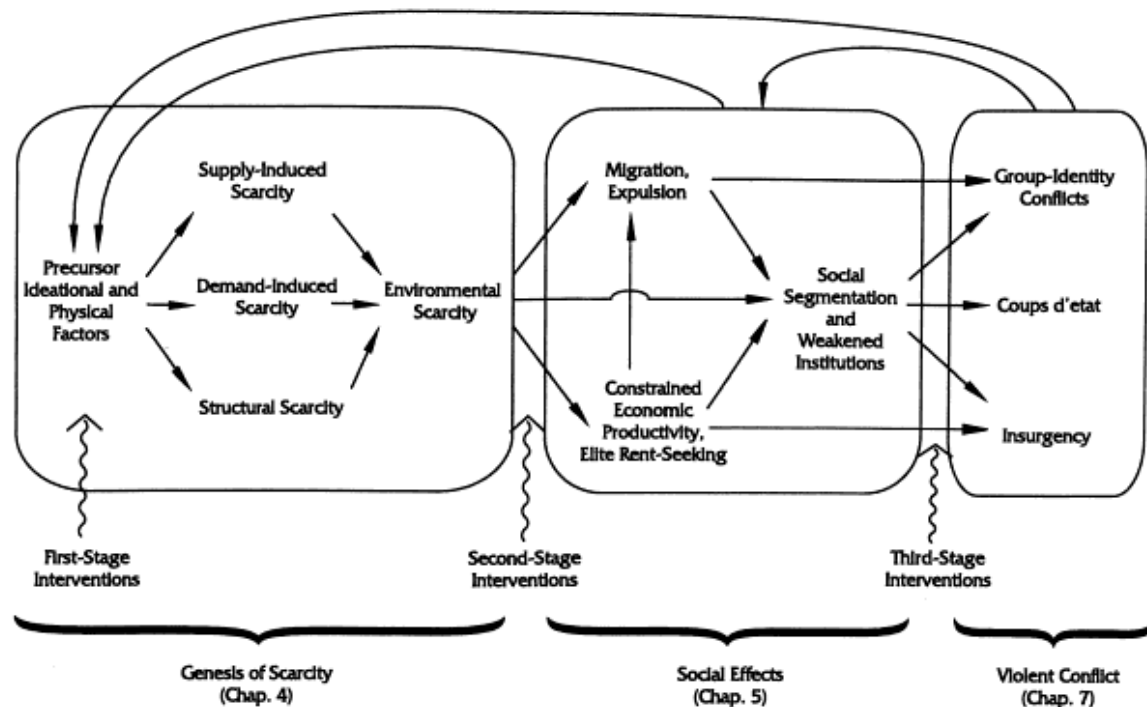


Fig. 4, De relatie tussen Environmental Stress en State Susceptibility. Bron: (Alcamo et al., 2001, pp. 5)

Dit algemene model geeft aan dat zij verwachten dat als de Milieustress boven een bepaald punt komt, de kans op een conflict zal toenemen. Dit is echter wel afhankelijk van de *State Susceptibility*, de mate waarin een staat bij machte is om conflictsituaties te voorkomen. (Alcamo et al., 2001, pp. 5-7).

### §2.2.1 Environmental Scarcity tot conflict

De schaarste aan natuurlijke hulpbronnen kan sociale effecten hebben die voor onrust en machtsverschuivingen kunnen zorgen. Als instituties niet op een juiste manier (kunnen) reageren op deze sociale verschuivingen, dan bestaat de kans dat dit tot conflicten kan leiden. Homer-Dixon geeft deze verbanden weer in figuur 5 *Supply-induced*, *Demand-induced* en *Structural Scarity* leiden tot *Environmental Scarcity*. Dit kan zorgen voor gedwongen en ongedwongen migratie van groepen en daarnaast voor een afname van productiviteit van economische en agrarische goederen. Ook deze afname van productiviteit kan voor extra migratie zorgen. Migratie en de afname van productie kunnen ofwel via verzwakte instituties en een polariserende samenleving of direct mogelijkheden bieden voor het uitbreken van conflict (Homer-Dixon, 1999, pp. 133).



Figuur 5, "The Core Model of The Causal Links between Environmental Scarcity and Violence Bron: (Homer-Dixon, 1999, pp. 134)

De studies besluiten met een overzicht van de voornaamste conclusies. Het belangrijkste gedeelde resultaat daarbij is dat een schaarste van natuurlijke hulpbronnen, of *Environmental Scarcity*, kan bijdragen aan burgeroorlogen, etnische botsingen en opstanden. De rol van de schaarste is echter zelden direct, maar kan vaak door sociale veranderingen effect hebben op conflicten. Het belang van natuurlijke hulpbronnen voor economieën in ontwikkelingslanden is vaak erg groot, waardoor schaarste daar ook een relatief groter probleem is. Bovendien zijn instituties vaak minder sterk in deze gebieden en is er minder geld beschikbaar, waardoor zij moeite hebben om negatieve ontwikkelingen te remmen.

### §2.2.3 Voedselzekerheid en conflict

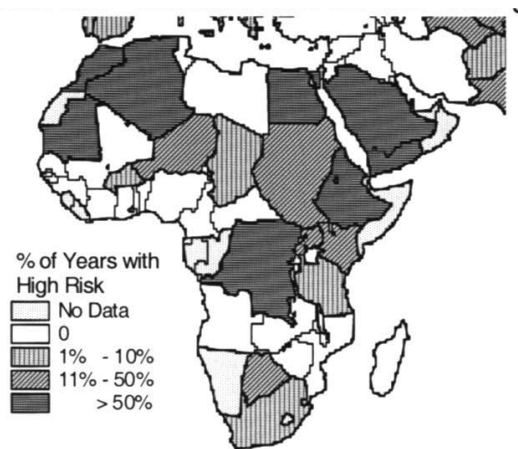
Een toename van de voedselonzekerheid zorgt niet direct voor gewelddadige conflicten, maar net zoals met het bredere concept *Environmental Scarcity*, kan dit via verschillende sociale effecten wel gebeuren. Dit zijn de eerder genoemde sociale effecten als een afname van de economische- en landbouwproductie, mogelijke sociale segregatie, groepsuitsluiting van voedsel, migratie en een verzwakking van de staat door enerzijds verlaagde inkomsten en verhoogde uitgaven en anderzijds door een legitimiteitverlies. Deze sociale effecten kunnen worden veroorzaakt en/of verergerd door een afname van de voedselzekerheid.

Veel landen in Sub-Sahara Afrika zijn vatbaar voor conflicten die voortkomen uit sociale veranderingen, omdat een beperkt inkomen en het ontbreken van sterke sociale vangnetten kan zorgen voor een sterke angst voor de toekomst. Daarnaast zijn in veel landen in Sub-Sahara Afrika vrijheden van mensen niet gegarandeerd, waardoor segregatie eerder zal ontstaan, angsten groter zijn en mechanismen tegen conflicten beter zullen werken (Barnett, 2007, pp. 643-655). Conflicten die beïnvloed worden door voedselzekerheid zullen zich met name afspelen op lokaal en nationaal niveau. Het lijkt erg onwaarschijnlijk dat deze conflicten zich ook internationaal zullen afspelen, omdat de effecten ook vaak op een kleinere schaal zichtbaar zijn.

Op deze manieren kan een afname van de voedselzekerheid mogelijkheden creëren voor de mobilisatie van strijdende groepen. De verzwakte overheid zorgt voor een toename van de mogelijkheden om in opstand te komen en geeft andere organisaties de kans om in te springen op de bestaande tekorten en de overheid uit te dagen. Daarnaast zorgt de verslechtering van de economie, grotere ongelijkheid, uitsluiting van groepen en *Relative Deprivation* voor een toename van de frustratie. Dit zijn belangrijke factoren voor de mobilisatie van troepen (King, 2007, pp. 115-118). Op



deze manier kan een afname van de voedselzekerheid zorgen voor een vruchtbare bodem voor coups, opstanden en burgeroorlogen.



**Figuur 6, Kans op voedselcrisis 2001-2050 -met GDP toename en Klimaatverandering-  
Bron: (Alcamo et al., 2001, pp. 10)**

Op basis van het Glass-model, dat gebaseerd is op veel van de door ons gebruikte literatuur, komen Alcamo et al. met een voorspelling van de kans op een voedselcrisis onder invloed van klimaatverandering in Afrika. Hieruit blijkt dat met name de Sahellanden een verhoogd risico op een voedselcrisis hebben, maar ook gebieden in centraal en zuidelijk Afrika.

## §2.3 Conclusie

In dit hoofdstuk proberen wij een zo compleet mogelijk antwoord te geven op de volgende vraag: In hoeverre zorgt een veranderde voedselproductie voor een verminderde voedselzekerheid die tot conflict(en) kan leiden in SSA? Het antwoord op deze vraag is op te delen in drie delen.

Het eerste deel is de relatie tussen voedselproductie en voedselzekerheid. Hierbij is het van groot belang op welke schaal de voedselproductie wordt bekeken. De productie op mondiaal en continentaal niveau kent geen sterk causaal verband met de voedselzekerheid van individuen of in landen. Op nationaal niveau heeft de productie al een wat sterker verband en op lokaal en sub-nationaal niveau is de causale relatie wel redelijk sterk te noemen. Een afname van voedselproductie op lokaal niveau kan betekenen dat mensen niet goed meer kunnen voorzien in hun voedselbehoeften, waardoor de voedselzekerheid wordt aangetast. Voedselproductie zegt echter lang niet alles over veranderingen in de voedselzekerheid. Hoe de verdeling van voedsel is geregeld is nog veel belangrijker, immers, wereldwijd en in de meeste landen is voldoende voedsel beschikbaar, maar leiden er toch mensen honger.

Het tweede deelantwoord op de vraag betreft de relatie tussen voedselzekerheid en sociale effecten. De belangrijkste sociale effecten die kunnen voortkomen uit een afname van de voedselzekerheid zijn; maatschappelijke segregatie, migratie, economische krimp, *relative deprivation*, een toename van de sociale verschillen en een afname van de legitimiteit van de staat. Deze sociale veranderingen zijn in veel landen in Sub-Sahara Afrika moeilijk tegen te gaan, omdat de afhankelijkheid van de voedselproductie vaak groot is en de mate waarin de vaak zwakke overheden kunnen reageren zeer beperkt is.

Het laatste deelantwoord op de vraag koppelt de mogelijke sociale effecten aan de kans op conflicten in Sub-Sahara Afrika. Door beperkte vrijheden van mensen en de veelal beperkte sociale vangnetten in landen in Sub-Sahara Afrika, ontstaan er sneller angsten voor de toekomst en werken mechanismes die conflicten voorkomen minder goed. Economische krimp, de uitsluiting van groepen van bepaalde bronnen van voedsel en grotere ongelijkheid zorgen voor frustratie, terwijl een verzwakte overheid kan zorgen voor een toename van de mogelijkheden om in opstand te komen. Helemaal wanneer organisaties de kans krijgen en grijpen om taken van de overheid over te nemen en daarmee haar legitimiteit verder doen afnemen. Conflict zal eigenlijk nooit alleen door een afname van de voedselzekerheid ontstaan, maar alleen als een zwakke overheid gecombineerd wordt met een grote voedselafhankelijkheid. Daarnaast kan een afname van de voedselzekerheid via de genoemde sociale effecten bijdragen aan het verergeren van beginnende en bestaande conflicten.

De conflicten zullen zich met name afspelen op lokaal en (sub-)nationaal niveau. Conflicten op internationaal niveau lijken door een afname van de voedselzekerheid niet te worden veroorzaakt.

Om de hoofdvraag te beantwoorden moet er een vierde stap gemaakt worden. De hoofdvraag van dit onderzoek was: In hoeverre zal klimaatverandering via verminderde voedselproductie leiden tot een toename in conflicten in Sub-Sahara Afrika? De relatie die in het tweede deel nog niet duidelijk is beschreven is die tussen klimaatverandering en verminderde voedselproductie. Er is een duidelijke afname in de verwachtingen van voedselproductie te zien in de rapporten van de FAO. (FAO, 2008) Deze bronnen gaan echter vooral over voorspellingen op mondiaal of continentaal niveau, terwijl juist regionale en nationale voorspellingen belangrijk zijn om mogelijke conflicten in kaart te brengen. De mate waarin verminderde voedselproductie als gevolg van klimaatverandering tot conflict zal leiden is sterk afhankelijk van de regionale en nationale ontwikkelingen van de voedselproductie en minder sterk verbonden aan internationale ontwikkelingen.

## Hoofdstuk 3 Common Ground

In dit hoofdstuk gaan we op zoek naar een ‘common ground’ tussen de inzichten uit de Milieu-Natuurwetenschappen en de inzichten die zijn voortgebracht vanuit Conflictstudies. Common ground wordt door Repko gedefinieerd als “one or more theories, concepts, and assumptions by which conflicting insights can be reconciled and integrated.” (pp. 272). Uit de disciplinaire antwoorden op de hoofdvraag blijkt dat wetenschappers van zowel Milieu-Natuurwetenschappen als Conflictstudies causale verbanden zien tussen klimaatverandering en conflict. Toch zijn er verschillen van focus binnen deze causale verbanden. Deze verschillen zijn de ‘conflicting insights’ waar Repko hierboven over spreekt.

De techniek die in het kader van dit onderzoek het meest geschikt is om een dergelijke ‘common ground’ mee te creëren of ontdekken wordt ‘Technique of Organization’ genoemd. Het eerste deel van deze techniek, welke uit twee delen bestaat, behelst het afstemmen van concepten, begrippen en aannames tussen de gebruikte disciplines opdat hier geen verwarring meer over kan bestaan. (Repko, 2008, pp. 289) De aannames van de hier gebruikte disciplines zorgen niet voor verwarring, verder is het concept van voedselzekerheid het enige concept waarvan mogelijk een verschillende opvatting te verwachten valt. Niet alleen is voedselzekerheid een concept dat in mindere mate eenduidig is, het vormt ook de brug tussen de beide vakgebieden en is daarom van belang voor het onderzoek.

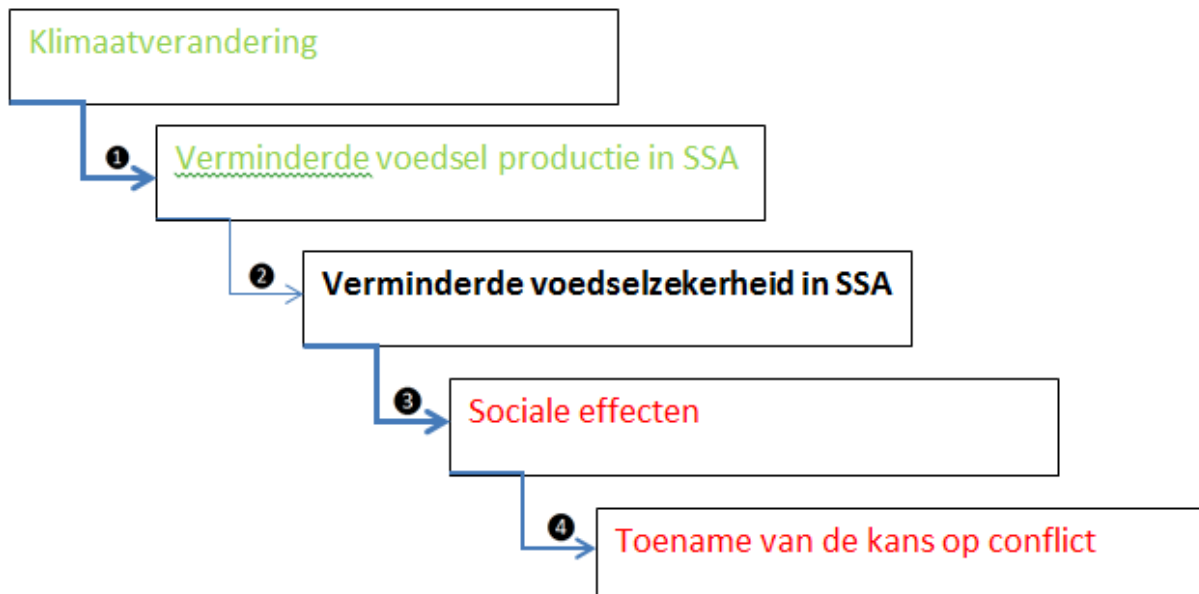
Na enig onderzoek blijkt de term voedselzekerheid echter in beide disciplines op gelijke wijze gebruikt te worden. In beide disciplines wordt het begrip in vrij algemene termen uitgedrukt. Uit de gebruikte literatuur komt de definitie van de FAO als meest gangbare naar voren. Om over de grenzen de deze vakgebieden heen te kunnen stappen definiëren we hier onze opvatting van voedselzekerheid zoals die in het vervolg van dit onderzoek gebruikt zal worden. Hiervoor houden we de volgende, eerder in hoofdstuk 1.1 genoemde, definitie van de FAO (2008) aan. “...when all people at all times have the physical or economic access to sufficient safe and nutritious food to meet their dietary needs and food preferences for an active and healthy life” (pp.19).

De overige begrippen, concepten en aannames leveren geen conflict op dus met voedselzekerheid gherdefinieerd zijn we toe aan de tweede stap van de ‘Technique of Organization’. Deze tweede stap is de daadwerkelijke organisatie van de inzichten uit beide disciplines. Door deze organisatie kan de relatie tussen de inzichten helder naar voren komen. In figuur 7 is de relatie tussen de kernbegrippen van dit onderzoek weer gegeven. Figuur 7 dient van links boven naar rechtsonder gelezen te worden. In de tekstvakken staan telkens kernbegrippen die

inzichten weergegeven, de pijlen symboliseren relaties hiertussen. Deze pijlen zijn genummerd van 1 t/m 4.

### §3.1 Veronderstelde verbanden

Het wordt duidelijk uit figuur 7 dat voedselzekerheid het centrale begrip is in deze ‘common ground’. Verder worden door deze ‘Technique of Organization’ te gebruiken de relaties van belang uitgelicht die dit begrip beter specificeren. We zien in figuur 7 welke en hoe de gevonden disciplinaire inzichten in relatie staan tot het begrip van voedselzekerheid. Zo zien we in figuur 7 relatie 1 terug die eerder ook al in hoofdstuk 1 is beschreven. Daar is beschreven hoe klimaatverandering de groei van voedselgewassen beïnvloedt. In figuur 1 hebben we hier ook een uitgebreidere weergave van gezien. Relatie 2 is eerder al besproken in hoofdstuk 1.7.1. Daar hebben we gezien dat de verminderde productie mogelijk tot verminderde voedselzekerheid zal leiden. De relatie tussen voedselzekerheid en sociale effecten en hoe dit kan zorgen voor een conflictsituatie is beschreven in hoofdstuk 2. Figuur 7 geeft ook de kracht van de veronderstelde causale keten weer. De pijl van relatie 2 is dunner dan de overige pijlen omdat we in hoofdstuk 2 hebben gezien dat deze relatie minder sterk is dan werd verwacht.



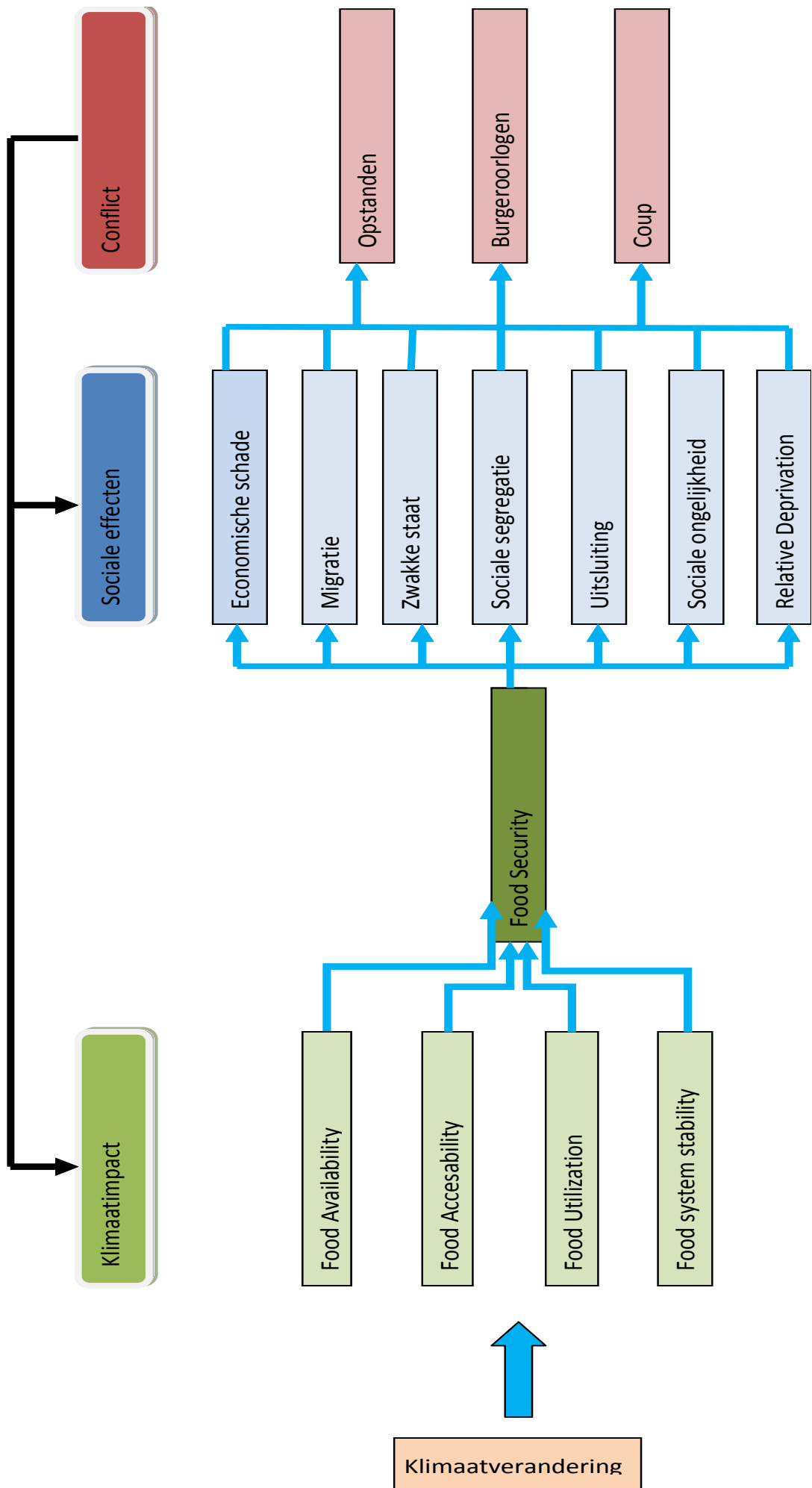
Figuur 7, Common Ground

Bron: samengesteld door auteurs. In de tekstvakken staan telkens kernbegrippen die inzichten vertegenwoordigen weergegeven, de pijlen symboliseren relaties hiertussen. Hierbij geldt dat een dikke pijl duidt op een sterk causaal verband en een dunner pijl een zwakker verband aangeeft. De kleuren in de figuur symboliseren de discipline waaruit het inzicht is ontleend, groen voor MNW en rood voor CS.

### §3.2 Daadwerkelijke verbanden

Voor een beter inzicht in de relatie tussen klimaatverandering en conflict via voedselzekerheid hebben wij figuur 8 ontwikkeld. De indeling van figuur 8 is gebaseerd op die van figuur 5, waarin Homer-Dixon de relatie tussen 'Environmental Scarcity' en conflict beschrijft. Wij hebben de figuur echter toegepast op voedselzekerheid. Dit figuur is gebaseerd op de factoren die van belang zijn met betrekking tot voedselzekerheid, zoals de FAO die heeft beschreven. Deze zijn gecombineerd met de sociale effecten die kunnen ontstaan onder invloed van een afnemende voedselzekerheid. Deze sociale effecten kunnen vervolgens zorgen voor verschillende type conflicten. Dit verband wordt beschreven in figuur 8. Daarnaast is er ook sprake van een invloed van conflict op de verschillende verschijnselen die beschreven worden in de figuur. Conflict heeft invloed op (de verschillende aspecten die invloed hebben op) voedselzekerheid en kan ook de sociale effecten veranderen. Dit geven wij weer middels de twee terugkoppelende pijlen bovenin het figuur.

Het is in dit figuur niet mogelijk om de kracht van de causale verbanden weer te geven. Deze zijn namelijk per land verschillend kunnen daarom niet in één figuur worden weergegeven. Mocht een dergelijk figuur worden opgemaakt voor een specifieke situatie, dan is het wel mogelijk om het belang van de verbanden weer te geven.



Figuur 8, Common Ground 2. Bron: Samengesteld door Auteurs

## Hoofdstuk 4      Integratie

In dit hoofdstuk beantwoorden we de hoofdvraag door de inzichten uit beide disciplines samen te nemen. We bespreken hier de bredere inzichten over de relatie tussen voedselproductie en voedselzekerheid en conflict die met behulp van de Common Ground verkregen zijn. Door deze inzichten te gebruiken kunnen wij een antwoord geven op de hoofdvraag.

De hoofdvraag die we hebben onderzocht betreft een zeer complexe relatie. Er zijn vele manieren waarop klimaatverandering kan leiden tot conflict, bijvoorbeeld via extreme weersomstandigheden (zie figuur 4). We hebben ons in dit onderzoek echter gericht op de rol van voedsel in de relatie tussen klimaatverandering en conflict en we hebben een specifieke onderzoeksregio gekozen, Sub-Sahara Afrika (SSA). SSA is om verschillende redenen een interessante casus. Allereerst is een groot deel van de bevolking in veel landen in Sub-Sahara Afrika direct afhankelijk is van lokale agricultuur. Ten tweede zijn er in SSA grote gebieden waar de ecosystemen kwetsbaar zijn en waar de voedselproductie onder druk staat. Als laatste zijner relatief veel zwakke staten, die maar beperkt kunnen reageren op klimaatbedreigingen.

Allereerst hebben we gezien dat onder andere temperaturen, neerslag, zoninstraling, het type plant, bodemtype, het moment van planten, samenstelling van de lucht, wind, gewassamenstelling en fertilisatie en irrigatie zijn bepalend (zie fig. 1). Ook hebben we gezien dat een verhoogde CO<sub>2</sub>-concentratie in de lucht van invloed kan zijn op de groei van gewassen. Wij laten dit zo genaamde CO<sub>2</sub>-fertilisatie effect hier echter buiten beschouwing omdat het positieve effect hiervan waarschijnlijk wordt opgeheven door negatieve effecten van een stijgende O<sub>3</sub>-concentratie. Klimaatverandering beïnvloedt veel van deze factoren en kan daarom een grote impact hebben op de voedselproductie.

De uitkomst van de modellen die zijn gevoed met het A2- scenario is dat de productie van bijna alle gewassen zal afnemen door de klimaatverandering. De variaties per gewas zijn wel hoog. Zo lijkt de rijstproductie in SSA het minst te leiden onder de veranderingen, terwijl de productie van tarwe met bijna 20% af zou kunnen nemen. Het aantal calorieën dat geproduceerd kan worden per hoofd van de bevolking, neemt per saldo in het gebruikte scenario, af. De modellen geven aan dat het aantal calorieën per hoofd van de bevolking in SSA met ongeveer eenentwintig procent zal zijn afgenomen in 2050 ten opzichte van een wereld zonder klimaatverandering. Op basis van deze gegevens (die geheel gebaseerd zijn op Milieu-Natuurwetenschappelijke bronnen) kan worden geconcludeerd dat de voedselzekerheid ten gevolge van klimaatverandering onder druk komt te staan. Met behulp van de CG kunnen we dit vergelijken met inzichten die in een tweede deel van dit onderzoek zijn gegenereerd. Uit een tweede deel van dit onderzoek (dat voornamelijk bronnen uit de



discipline Conflictstudies hanteert) blijkt dat de invloed van voedselproductie op voedselzekerheid toch beperkt is.

We vonden dat de daadwerkelijke invloed van voedselproductie op voedselzekerheid beperkt is en dat de verdeling van voedsel van groter belang is. De aspecten die medebepalend zijn voor voedselzekerheid naast productie nuanceren de invloed van een verminderde productie op voedselzekerheid. Deze nuancerende aspecten zagen we onder andere in figuur 8 uit de Common Ground. Met behulp van de Cg komen we nu tot het inzicht komen dat de relatie tussen voedselproductie en voedselzekerheid in een enigszins afgezwakt verband bestaat. (Dit komt naar voren in relatie 2 van figuur 7 in de CG).

Een tweede conclusie die we in dit tweede deel hebben gevonden is dat er een relatie bestaat tussen voedselzekerheid en verschillende sociale effecten. Deze sociale effecten behelzen onder andere maatschappelijke segregatie, migratie, economische krimp, *relative deprivation*, een toename van de sociale verschillen en een afname van de legitimiteit van de staat. Deze effecten kunnen leiden tot een toename van de kans op een conflict.

De derde conclusie betreft de manieren waarop de gevonden sociale effecten tot conflict kunnen leiden en welke type conflicten er zouden kunnen ontstaan. Als een zwakke overheid gecombineerd wordt met een sterke (economische) afhankelijkheid van de productie van voedsel, dan is de kans op conflict extra groot. Opstanden, coups en zelfs burgeroorlogen zouden mede veroorzaakt kunnen worden door een afname van de voedselzekerheid. Daarnaast kan deze afname bestaande conflicten verergeren.

Uit ons onderzoek blijkt dat schaarste aan voedsel kan ontstaan door een toename van de vraag, een afname van het aanbod of doordat mensen geen toegang krijgen tot bepaalde hulpbronnen. Conflicten over schaarste lijken zich met name af te spelen op nationaal en lokaal niveau. Op internationaal niveau komt conflict als gevolg van voedselschaarste niet veel voor. De overheid is zeer belangrijk als het gaat om het verlichten van de schaarste en het bestrijden van de gevolgen van voedselschaarste zoals migratie en polarisatie. Als de overheid niet goed weet in te grijpen, dan zal haar positie verzwakken en de legitimiteit afnemen. Als de overheid niet in staat is om de schaarste te verlichten is het mogelijk dat andere groepen overheidstaken, zoals gebruik van het machtsmonopolie, over gaan nemen. Etnische conflicten, opstanden en coups kunnen het gevolg zijn.

Specifiek in SSA zijn er enkele factoren die in relatie tot voedselzekerheid en conflicten van groot belang zijn. Zo is het aantal mensen dat in deze regio direct afhankelijk is van de landbouw zeer

hoog. Daarnaast zijn er veel gebieden waar landbouw nog net mogelijk is, maar waar veranderingen in het klimaat desastreus zouden kunnen zijn. Een derde factor die in deze gebieden sterk kan bijdragen aan conflicten zijn de (tamelijk) zwakke overheden in een groot aantal landen in SSA.

Dit betekent dat landen in SSA zeer gevoelig zijn voor veranderingen in de voedselzekerheid. Dit kunnen we nu zoals weergegeven in de Common Ground in figuur x samen nemen met het eerdere inzicht over de relatie tussen voedselproductie en voedselzekerheid. We zien nu dat de kans op conflict enig zins gedrukt wordt door de afgezwakte relatie tussen voedselproductie en voedselzekerheid maar dat de kans juist weer behoorlijk toeneemt doordat SSA een kwetsbare regio is. Dit betekent voor onze hoofdvraag dat de kans op conflict in Sub-Sahara Afrika waarschijnlijk zal toenemen als gevolg van een verminderde voedselzekerheid onder invloed van klimaatverandering. Wel lijkt het uitgesloten dat verminderde voedselzekerheid de enige oorzaak is van conflicten. Hoewel dit antwoord grotendeels overeenkomt met het tijdelijke antwoord in hoofdstuk 1 heeft de interdisciplinaire aanpak tot een breder inzicht geleid dan ieder van de disciplines apart had kunnen geven. Dit bredere inzicht schuilt daarin dat we nu hebben gezien dat de relatie tussen verminderde voedselzekerheid en conflict zwakker is dan in hoofdstuk 1 gedacht, maar dat de kans op conflict toch toeneemt door andere omstandigheden die op SSA van toepassing zijn. De Common Ground heeft geholpen om tot dit bredere inzicht te komen doordat we ons er daar van verzekerd hebben dat beide disciplines dezelfde definitie van voedselzekerheid hanteren en dat de veronderstelde causale keten terecht is. In de Common Ground hebben we gezien hoe voedselzekerheid de 'brug' kan vormen tussen de twee vakgebieden. In de integratie zijn we deze brug over gestoken.

## Hoofdstuk 5 Conclusie en Aanbevelingen

Dit afsluitende deel van het onderzoek bestaat uit twee delen. Allereerst vatten we deze literatuur studie en de belangrijkste conclusies kort samen. Ten tweede richten we ons tot de toekomst en bespreken we wat waardevolle toevoegingen zouden kunnen zijn aan dit onderzoek en aan de huidige kennis omtrent dit onderwerp.

### §5.1 Conclusie

In hoofdstuk 1 hebben we gezien dat de voedselproductie in Sub-Sahara Afrika onder een A2-scenario zal afnemen. Ook zagen we in hoofdstuk 1 dat dit tot een verminderde voedselzekerheid zal leiden. Vervolgens zagen we in hoofdstuk 2 dat verminderde voedselzekerheid een mogelijke bron van conflict is. Het is echter niet waarschijnlijk dat dit een hoofdoorzaak van een conflict zal zijn. Desalniettemin kan het effect van klimaatverandering op voedselzekerheid groot zijn. Als het dreigt dat individuen niet meer genoeg voedsel kunnen bemachtigen zullen zij migreren of proberen hun macht te vergroten om daarmee aanspraak te maken op meer voedsel, waarmee de bron van conflict is geboren. Dit leidt tot de conclusie dat klimaatverandering via de veranderingen in de voedselzekerheid tot een toename aan conflicten kan leiden in Sub-Sahara Afrika.

### §5.2 Aanbevelingen

In deze paragraaf presenteren we twee typen aanbevelingen. De eerste aanbeveling komt voort uit de interdisciplinaire onderzoeksmethode die in dit onderzoek gehanteerd is. De volgende vier aanbevelingen komen steeds voort uit slechts één discipline. De eerste drie van deze 'disciplinaire' aanbevelingen komen uit de Conflictstudies en de vierde van deze 'disciplinaire' aanbevelingen komt uit de Milieu-Natuurwetenschappen.

De 'interdisciplinaire' aanbeveling komt voort uit het schaalverschil tussen de Conflictstudies en de Milieu-Natuurwetenschappen welke naar voren kwam gedurende dit onderzoek. Tijdens het schrijven van hoofdstuk één werd duidelijk dat de klimaatvoorspellingen zich met name op internationale schaal richten, terwijl Conflictstudies veel meer op (sub-)nationale schaal werkt. Uit het onderzoekdeel dat de Conflictstudies betreft blijkt dat om effectief aan conflictbeheersing of vermindering te kunnen doen internationale of continentale klimaatdata niet toereikend is. Om effectief conflicten te vermijden of te beheersen zijn er dus gegevens nodig van de gevolgen van

klimaatverandering op nationale schaal. Deze bevinding leidt tot de aanbeveling om dergelijke data te produceren. Indien data uit klimaatmodellen op nationale schaal zou worden gepubliceerd zouden zowel Conflictstudies als Milieu-Natuurwetenschappen hiervan profiteren.

De eerste disciplinaire aanbeveling komt vanuit de Conflictstudies en betreft de relatie tussen voedselzekerheid en de sociale effecten die uiteindelijk tot conflict kunnen leiden. Onze aanbeveling is dat er meer onderzoek wordt gedaan naar deze relatie omdat de Conflictstudies hierbij gebaat zouden zijn. De tweede disciplinaire aanbeveling, ook vanuit de Conflictstudies betreft de relatie tussen de hierboven genoemde sociale effecten en de mogelijke vormen van conflict die hier het gevolg van kunnen zijn. Ons advies is om ook aan deze relatie meer aandacht te besteden omdat de Conflictstudies hierbij gebaat kunnen zijn. De derde disciplinaire aanbeveling, ook van de Conflictstudies, is om meer casestudies te beginnen. Hierdoor kan het gat tussen theorie en praktijk overbrugd worden. De laatste disciplinaire aanbeveling komt van de Milieu-Natuurwetenschappen. Binnen deze discipline valt nog veel te winnen door de klimaatmodellen te verbeteren. In §1.4 hebben we gezien dat de klimaatdata lineair verondersteld wordt tussen 2000 en 2050. Dit is waarschijnlijk de grootste beperking van de klimaatmodellen. Door deze beperking van de modellen te overbruggen kan een waardevolle bijdrage worden geleverd aan de nauwkeurigheid van de resultaten.

## Bibliografie

- Alcamo, J., Endejan, M. B., Kaspar, F., & Rösch, T. (2001). The GLASS model: a strategy for quantifying global Environmental Stress. *Environmental Science & Policy* 4, 1-12.
- Allouche, J. (2011). The sustainability and resilience of global water and food systems: Political analysis of the interplay between security, resource scarcity, political systems and global trade. *Food Policy*, S3-S8.
- Barnett, J. A. (2007). Climate change, human security and violent conflict. *Political Geography*, 26, 639-655.
- BIS. (2011). *Foresight, The Future of Food and Farming, Final Project Report*. London: The Government Office for Science.
- Boko, M., Niang, I., Nyong, A., Vogel, C., Githeko, A., et al. (2007). *Africa. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Brauch, H. G. (2002). *Climate Change, Environmental Stress and Conflict*. Berlin: AFES-PRESS Report: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.
- Busby, J., & Purvis, N. (2004). The Security Implications of Climate Change for the UN System. *Environmental Change and Security Project Report*, 67-73.
- Calzadilla, A., Zhu, T., Rehdanz, K., Tol, R. S., & Ringler, C. (2009). *Economywide Impacts of Climate Change on Agriculture in Sub-Sahara Africa*. Washington D.C.: International Food Policy Research Institute.
- CIA. (2012). *The World Factbook*. Opgeroepen op 04 20, 2012, van Central Intelligence Agency: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2012.html>
- CSIRO. (2012). *Climate Change*. Opgeroepen op 04 23, 2012, van Commonwealth Science and Industrial Research Organisation: <http://www.csiro.au/Outcomes/Climate.aspx>
- FAO. (1996). *Rome Declaration on World Food Security and World Food Summit Plan of Action*. Rome: World Food Summit, FAO.
- FAO. (2008). *Climate Change And Food Security: A Framework Document*. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
- FAOSTAT (2012). *FAOSTAT*. Opgeroepen op 04 20, 2012, van Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://faostat.fao.org/default.aspx>
- Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F. N., & Veldhuizen, H. v. (2005). Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an intergrated assesment, 1990 -2080. *Philosophical Transactions Of The Royal Society B* , 2067-2083.

- Gleditsch, N. (2007). Environmental Change, Security, and Conflict. In C. Crocker, F. Hampson, & P. Aall, *Leashing the Dogs of War* (pp. 177-196). Washington, DC: United State Institute of Peace.
- Godfray, H. C., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Nisbett, N., et al. (2010). The future of the global food system. *Philosophical Transactions Of The Royal Society B*, 2769-2777.
- Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willet, K., et al. (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in the early thwenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2973-2989.
- Gregory, P. J., Ingram, S. I., & Brklacich, M. (2005). Climate change and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2139-2148.
- Homer-Dixon, T. F. (1999). *Environment, Scarcity, and Violence*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Huntingford, C., Lambert, F. H., Gash, J. H., Taylor, C. M., & Challinor, A. J. (2005). Aspects of climate change prediction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 1999-2009.
- Ingram, J. S., Gregory, P. J., & Izac, A. M. (2008). The role of agronomic research in climate change and food security policy. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 4-12.
- IPCC. (2012). Opgeroepen op 04 20, 2012, van Intergovernmental Panel on Climate Change: <http://www.ipcc.ch/>
- Jaggard, K. W., Qi, A., & Ober, E. S. (2010). Possible changes to arable crop yields by 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 2835-3851.
- Jones, J. W., Hoogenboom, G., Porter, C. H., Boote, K. J., Batchelor, W. D., Hunt, L. A., et al. (2003). The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*, 235-265.
- King, C. (2007). Power, Social Violence and Civil Wars. In C. A. Crocker, F. O. Hampson, & P. Aall, *Leashing the Dogs of War* (pp. 115-130). Washington, D.C.: United States Institute of Peace Press.
- Levin, K., & Pershing, J. (2005). *Climate science 2005: Major new discoveries*. Washington D.C.: WRI, Issue Brief.
- Levy, J. S. (2007). International Sources of Interstate and Intrastate War. In C. A. Crocker, F. O. Hampson, & P. Aall, *Leashing the Dogs of War* (pp. 17-38). Washington DC: United States Institute of Peace.
- Long, S. P., Ainsworth, E. A., Leakey, A. D., & Morgan, P. B. (2005). Global food insecurity. Treatment of major food crops with elevated carbon dioxide or ozone under large-scale fully open-air conditions suggest recent models may have overestimated future yields. *Philosophical Transactions Of The Royal Society B*, 2011-2020.

- Müller, C., Cramer, W., Hare, W. L., & Lotze-Campen, H. (2011). Climate change risks for African agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 4313-4315.
- Mungai, R., Genouille, F., & Njuguna, J. (2011). *Africa Development Indicators*. Washington D.C.: The World Bank.
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., Vries, B. d., Fenhann, J., Gaffin, S., et al. (2000). *IPCC, Special Report on Emission Scenarios*. Cambridge: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- NCAR. (2012). *Learn More About Climate*. Opgeroepen op 04 23, 2012, van The National Center for Atmospheric Research: <http://ncar.ucar.edu/learn-more-about/climate>
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., et al. (2009). *Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation*. Washington D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., et al. (2009). *Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation, Appendix I: Methodology*. Washington D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., et al. (2009). *Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation, Appendix II: Results by World Bank regional Grouping of countries*. Washington D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Palazzo, A., Gray, I., Ingersoll, C., et al. (2010). *Food Security, Farming, and Climate Change to 2050*. Washington D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Parry, M., Rosenzweig, C., & Livermore, M. (2005). Climate change, global food supply and risk of hunger. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2125-2138.
- Polly, E. J., Ingram, J. S., & Liverman, D. M. (2009). Food security and global environmental change: emerging challenges. *Environmental science & policy*, 373-377.
- Raskin, P., Monks, F., Ribeiro, T., Vuuren, D. v., & Zurek, M. (2005). Global scenarios in historical perspective. *Ecosystems and human well-being, Volume 2: scenarios*, Washington D.C.
- Repko, F. A. (2008). *Interdisciplinary Research*. Lonon: Sage.
- Scheffran, J., & Battaglini, A. (2010, 11 20). Climate and conflicts: the security risks of global warming. *Springer-Verlag*, S27-S39.
- Slingo, J. M., Challinor, A. J., Hoskins, B. J., & Wheeler, T. R. (2005). Introduction: food crops in a changing climate. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 1983-1989.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs. (2010). *Population*. Opgeroepen op 05 02, 2012, van United Nations, Department of Economic and Social Affairs: [http://esa.un.org/wpp/unpp/panel\\_population.htm](http://esa.un.org/wpp/unpp/panel_population.htm)

Urdal, H. (2005). People vs. Malthus: Population Pressure, Environmental Degradation, and Armed Conflict Revisited. *Journal of Peace Research*(42: 4), 417-434.

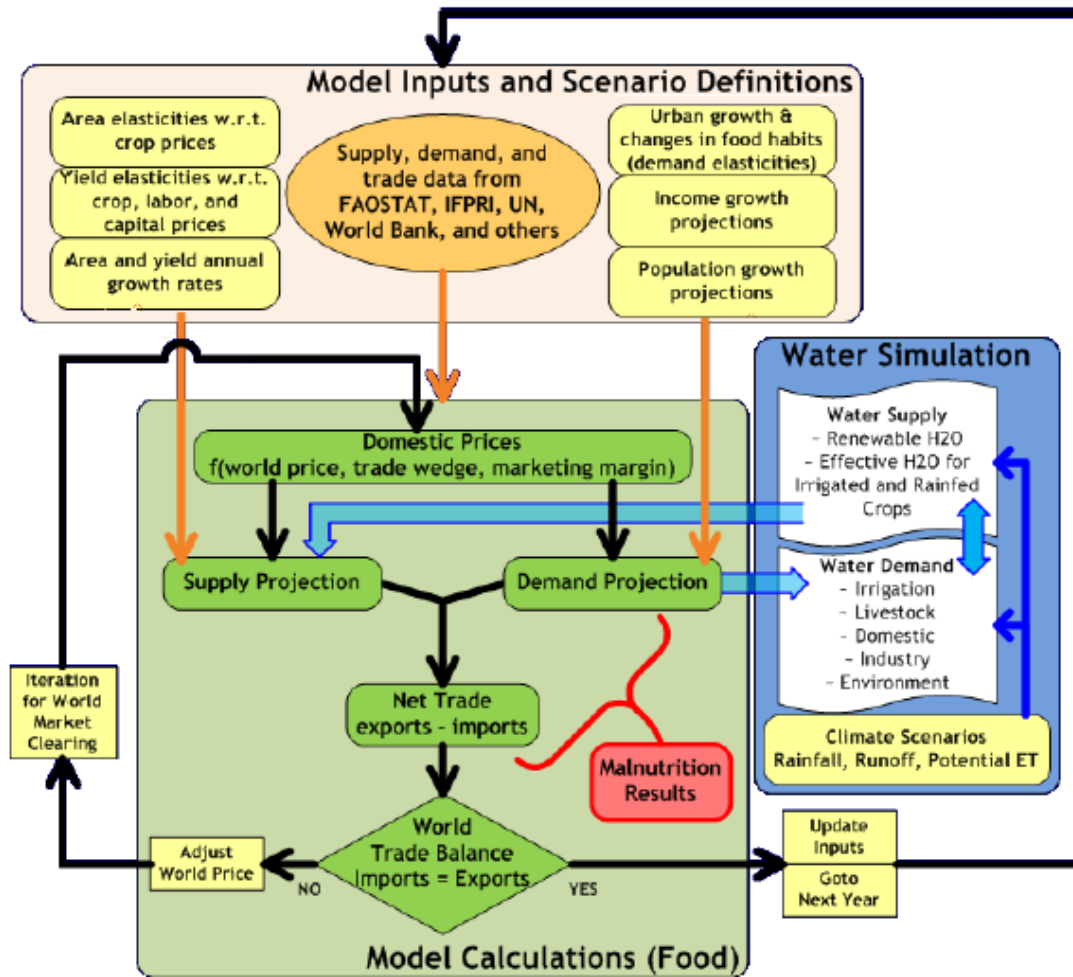
Urdall, H. (2005). People vs. Malthus: Population Pressure, Environmental Degradation, and Armed Conflict Revisited. *Journal of Peace Research, Vol. 42, No. 4*, 417-434.

WHO. (2012). Opgeroepen op 05 04, 2012, van World Health Organization:<http://www.who.int/en/>

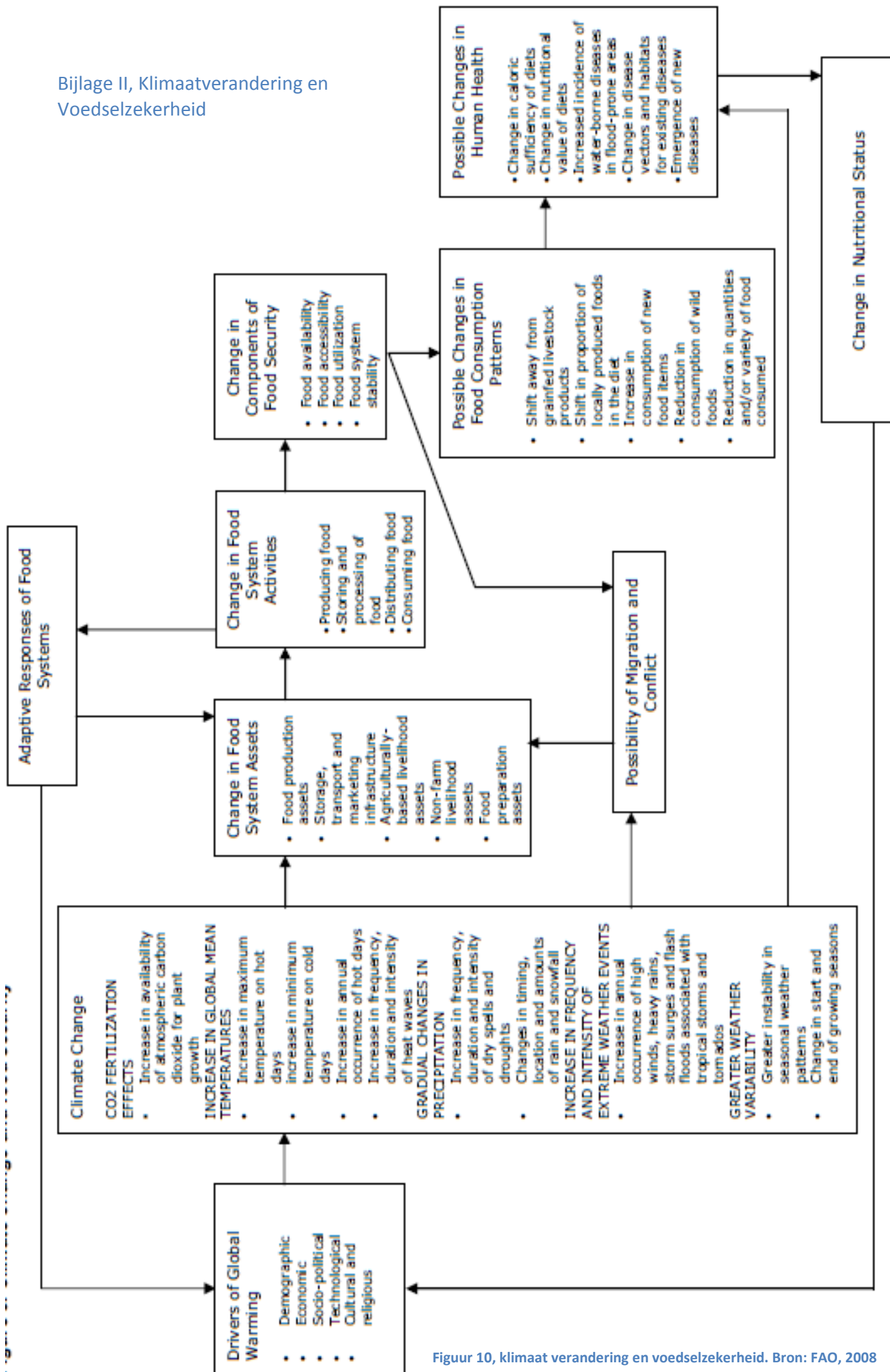


# Bijlagen

## Bijlage I, IMPACT 2009 modeling framework



Figuur 9, “a diagram illustrating the links among the partial equilibrium model, the hydrology modeling, and the crop modeling in IFPRI's IMPACT 2009” Bron: Nelson et al., 2009, Appendix I.



Figuur 10, klimaat verandering en voedselzekerheid. Bron: FAO, 2008

### Bijlage III, Structuur literatuur studie ten grondslag aan hoofdstuk 1

Tabel 5, In deze bron is in de linker kolom telkens de auteur van een artikel weergegeven. In de kolommen daar rechts van staan de verschillende onderdelen van hoofdstuk 1. De cijfers geven telkens aan op welke pagina uit de artikelen informatie staat die relevant is voor de desbetreffende onderdelen van hoofdstuk 1. Bron: samengesteld door Maties Mouwen.

Artikel	Inout & output van de modellen/ wat zeggen de modellen over de invloed van klimaat op de agricultuur in (Sub-Sahara) Afrika?	CO <sub>2</sub> -fertilisatie/ ozon schade	De complexiteit van voedsel (on)zekerheid
IPCC rapport 4, 2007 (chapter 9)	435: par 9.4.4, 447: par 9.6.1, 445		
IPCC synthesis report, 2007	28		
IPCC rapport 4, 2007 (Chapter 8)			399
IPCC rapport, 2007 (summary for policy makers)			
IPCC, 2000 (SRES)			
Nelson, 2009 (IFPRI Food Policy Report)	16, 19,		
Nelson, 2009 (IFPRI Food Policy Report 2, Fact-sheet)	1		
IFPRI, 2009 (Calzadilla)			
IFPRI, 2009 (Ringler)			
IFPRI, 2009 (Bijlage I, Methoden)	3,4,5, 6 (CO <sub>2</sub> - fertilisatie niet gebruiken?), 7	6	2
IFPRI, 2009 (Bijlage II, Per wereldbank regio)	2 t/m 5		
IFPRI, 2010 (Nelson)	64	118	
African Centre for Biodiversity, 2009			
Berg, 2011			
Polly, 2009	376		374, 375,
FAO, 2008 (climate change and food security)			5, 19,20, 25, 27, 29, 36
Fischer, 2005	2075		
Ziervogel, 2008			
Glwadys, 2010	1		
Gornall, 2010		1, 11	
BIS, 2011 (Future of food and farming)			
Long, 2005		2016,2017	
Gregory, 2005			1, 3
Haile, 2005			
Huntingford, 2005			
Ingram, 2008	6		4, 9, 10
Jaggard, 2010	1, 4	1, 2, 3	
Jones, 2003			
Kang, 2009			
Lobb, 2007	2		
Long, 2005		2011, 2016	
Muller, 2011	1		
Parry, 2005	2125, 2135, 2137	2137	
Mendelsohn, 2000			
Rosenzweig, 2007 (Adaptation)	3		
Rosezweig, 2007 (agriculture)			
Schlenker, 2010	3		
Slingo, 2005		1984	

Vervolg bijlage III, Structuur literatuur studie ten grondslag aan hoofdstuk 1

Artikel	Relatie agri. en klimaat	Wat betekend dit voor ons onderzoek?	Werking + onzekerheid v.d. modellen	Introductie Sub-Sahara Africa en diens klimaat
IPCC rapport 4, 2007 (chapter 9)			457	435, 436
IPCC synthesis report, 2007			50, 51	28
IPCC rapport 4, 2007 (Chapter 8)				
IPCC rapport, 2007 (summary for policy makers)				
IPCC, 2000 (SRES)				
Nelson, 2009 (IFPRI Food Policy Report)	8		13, 14	8
Nelson, 2009 (IFPRI Food Policy Report 2, Fact-sheet)				1
IFPRI, 2009 (Calzadilla)				9
IFPRI, 2009 (Ringler)			11	
IFPRI, 2009 (Bijlage I, Methoden)	3		17,18, 4	
IFPRI, 2009 (Bijlage II, Per wereldbank regio)				
IFPRI, 2010 (Nelson)				
African Centre for Biodiversity, 2009				3
Berg, 2011			2	1
Polly, 2009	376	376		
FAO, 2008 (climate change and food security)	26, 27			5, 44
Fischer, 2005	2069			2068
Ziervogel, 2008				
Glwadys, 2010				
Gornall, 2010				
BIS, 2011 (Future of food and farming)			65	28
Long, 2005				
Gregory, 2005				
Haile, 2005				2169
Huntingford, 2005	2000		1999, 2001, 2005	2001
Ingram, 2008				5, 6
Jaggard, 2010				
Jones, 2003			1, 2	
Kang, 2009			1668	
Lobb, 2007				
Long, 2005				
Muller, 2011				1,2
Parry, 2005				2125, 2137
Mendelsohn, 2000				2
Rosenzweig, 2007 (Adaptation)				
Rosenzweig, 2007 (agriculture)				2
Schlenker, 2010				2
Slingo, 2005				1988

Vervolg bijlage III, Structuur literatuur studie ten grondslag aan hoofdstuk 1

Artikel	Wat is het gevolg van veranderende voedselproductie voor de voedsel (on) zekerheid (in Sub-Sahara Africa)?	Wat is/ Waarom A2-klimaat scenario?
IPCC rapport 4, 2007 (chapter 9)	435: par. 9.2.1; 9.4.4; 9.6.1, 445: par 9.4.1, 9.4.3, 9.4.4, 458	
IPCC synthesis report, 2007		22, 24
IPCC rapport 4, 2007 (Chapter 8)		
IPCC rapport, 2007 (summary for policy makers)		18
IPCC, 2000 (SRES)		11, 13, 36, 40, 43, 53, 78, 188, 189
Nelson, 2009 (IFPRI Food Policy Report)	20, 21, 22,	
Nelson, 2009 (IFPRI Food Policy Report 2, Fact-sheet)	1	
IFPRI, 2009 (Calzadilla)	Baseline 2000 productie op pagina 17 2050 scenario with and without CC under SRES B2	
IFPRI, 2009 (Ringler)		
IFPRI, 2009 (Bijlage I, Methoden)		4
IFPRI, 2009 (Bijlage II, Per wereldbank regio)		
IFPRI, 2010 (Nelson)		21, 34
African Centre for Biodiversity, 2009		
Berg, 2011		
Polly, 2009	373	
FAO, 2008 (climate change and food security)	5	
Fischer, 2005	2080, 2081, 2082	
Ziervogel, 2008	12	
Glwadys, 2010	1	
Gornall, 2010		
BIS, 2011 (Future of food and farming)		
Long, 2005		
Gregory, 2005		
Haile, 2005		
Huntingford, 2005		
Ingram, 2008	8, 9,	
Jaggard, 2010		
Jones, 2003		
Kang, 2009		
Lobbell, 2007		
Long, 2005		
Muller, 2011	1	
Parry, 2005	2137	2137
Mendelsohn, 2000		
Rosenzweig, 2007 (Adaptation)		
Rosezweig, 2007 (agriculture)		
Schlenker, 2010		
Slingo, 2005		

