

De vlinder van Lorenz. Globalisering, ecologie en chaos

► *Peter Tom Jones en Roger Jacobs*

Onvoorspelbaarheid, onzekerheid, onbepaaldheid, onomkeerbaarheid, complexiteit, contingentie, niet-lineariteit ... Het zijn van die woorden die vandaag in zijn. Op het eerste gezicht zou men kunnen vermoeden dat zij gewoon het logische voortvloeisel vormen van de postmoderne tijdgeest die zich thans meester maakt van het heden. Gedeeltelijk is dat uiteraard wel zo; toch is er meer aan de hand. Gedurende de laatste decennia heeft er zich een wetenschappelijke paradigmaverschuiving voltrokken die schoon schip maakt(e) met een achterhaald mechanistisch, lineair en reductionistisch wereldbeeld. Wetenschappen zoals chaostheorie, complexiteitstheorie en ecologie zitten vandaag in de lift en kunnen ons een waarheidsgetrouwer beeld verschaffen van de complexe processen die in de werkelijkheid plaatsgrijpen. In deze heterodoxe bijdrage pogen we een overzicht te bieden van het ontstaan van een nieuw, zogenaamd 'niet-lineair wetenschappelijk paradigma'. Hoewel enige terughoudendheid inzake ongeoorloofde veralgemeningen van deze concepten zeker niet misplaatst is, illustreren we aan de hand van een aantal voorbeelden wat de enorme implicaties zijn van dit nieuwe paradigma. Zonder definitieve of eenduidige antwoorden te bieden, onderzoeken we daarbij de volgende vragen. Wat is de invloed van deze nieuwe wetenschappen in ons begrip van gewichtige milieuproblemen als globale opwarming en zich globaliserende gezondheidsrisico's? Hoe verhouden deze concepten zich te midden van degenererende sociaal-ecologische onevenwichten tot een voorbijgestreefd vooruitgangsgeloof à la Björn Lom-

borg? Stevenen we af op een apocalyptische implosie van het huidige wereldsysteem of zal de brede andersglobaliseringsbeweging erin slagen een meer egalitaire en ecologisch duurzame wereldorde te creëren? Chaos of orde uit chaos, is that the question?

Van het lineaire naar het niet-lineaire paradigma

In 1960 trachtte een meteoroloog van het Massachusetts Institute of Technology het weer te modelleren op basis van enkele wiskundige relaties en een, volgens hedendaagse normen, uiterst primitieve computer. Ondanks de sterk vereenvoudigde vergelijkingen in zijn model leek de output min of meer op echt weer. Op een dag wenste hij een berekening van een vorige dag te herhalen. Hij herstartte de procedure halfweg op basis van een tussenresultaat van zijn eerste experiment. In schril contrast met wat hij verwachtte, begonnen de resultaten vrij snel af te wijken van die van de dag voordien. Hoe kon dit? Hij hanteerde hetzelfde model, identieke vergelijkingen, dezelfde computer en hij vertrok van hetzelfde tussenresultaat. Of niet? Blijkbaar was er één pietluttig verschil. In zijn tweede run had de weerkundige het vierde cijfer na de komma van het tussenresultaat afgerond. Nadien bleek dit marginale verschil verantwoordelijk te zijn voor het radicaal divergeren van de resultaten (beschreven in Gleick, 1987:11-31).

De weerkundige van dienst heette Edward N. Lorenz. Sinds zijn bevindingen is men het hier-

boven beschreven fenomeen het 'vlindereffect' gaan noemen – of juist uitgedrukt: de 'gevoeligheid ten aanzien van beginvoorwaarden' (*sensitivity to initial conditions*). Populair uitgedrukt komt dit erop neer dat het flapperen van de vleugels van een vlinder in Tokyo, in bepaalde omstandigheden, enkele weken nadien een storm in New York kan veroorzaken. Voordien ging het gros van de wetenschappers ervan uit dat minimale wijzigingen in de beginvoorwaarden slechts kleine verschillen in het eindresultaat met zich zouden meebringen (i.e. lineariteit). Nu stelde men echter vast dat pietluttige fluctuaties grote gevolgen konden hebben, wat wees op zogenaamd niet-lineair gedrag. Met deze term bedoelt men dat er geen eenvoudig, proportioneel verband bestaat tussen input en output, tussen oorzaak en gevolg. De implicaties hiervan waren en zijn enorm: in de wereld rondom ons is niet-lineariteit alomtegenwoordig, cf. complexe systemen zoals het weer of het klimaat.

Wellicht zonder dat Edward Lorenz het zelf beseftte, fungeerden zijn bevindingen als een katalysator voor een broodnodige wetenschappelijke paradigmaverschuiving. Een paradigma definieert men als "de constellatie van overtuigingen, waarden en handelwijzen die door de leden van een bepaalde samenleving worden gedeeld" (Vandale, 1991). Met Thomas Kuhn (1962) zijn we het eens dat paradigma's ook essentieel zijn in het wetenschappelijk onderzoek. Volgens Kuhn evolueert een wetenschappelijke discipline doorheen een serie van revoluties (*paradigm shifts*) die van elkaar gescheiden zijn door lange periodes van relatieve kalmte. Tijdens de periodes van relatieve stilte bestaat de hoofdopdracht van wetenschappers erin om de aanvaarde theorie in nauwere overeenstemming te brengen met de feiten. Als gevolg daarvan vertoont het gros van de wetenschappers de neiging om nieuwe wetenschappelijke bevindingen te negeren in het geval dat die een potentiële bedreiging vormen voor het bestaande paradigma. Dit neemt niet weg dat, bij tijd en stond, sommige wetenschappers – zoals een Nicolaus Copernicus of een Isaac Newton – erin kunnen slagen om een oud paradigma weg te veegen. Een nieuw paradigma neemt dan, geheel of gedeeltelijk, de plaats in van het achterhaalde paradigma. Ondertussen staat de wetenschap niet stil en komen er nieuwe zaken aan het licht die, na een fase van twijfel en verwarring, opnieuw een wetenschappelijke revolutie kunnen teweegbrengen. Zelfs monumenten

als een Newton of een Einstein worden op een goede dag betwist ...

Vanaf de zeventiende eeuw tot ergens midden twintigste eeuw had de metafoor van de machine/klok de moderne tijdsgeest gedomineerd. Voor de vier voornaamste architecten van het moderne wereldbeeld – Galileo, Bacon, Descartes en Newton – was het heelal een gigantische, tijdloze machine die gehoorzaamt aan universele en onveranderlijke wetten, die door het rationele verstand ontcijferd kunnen worden (Best & Kellner, 1997). Dit moderne, 'lineaire paradigma' kende enkele gouden regels (Rihani, 2002:66):

1. bepaalde oorzaken leiden op alle plaatsen en onder alle omstandigheden tot gekende effecten (orde);
2. het gedrag van een systeem kan begrepen worden vanuit de kennis van het functioneren van zijn samenstellende elementen (reductio-nisme);
3. het toekomstig gedrag van een systeem kan perfect voorspeld worden vanuit de kennis van zijn toestand in het heden (voorspelbaarheid);
4. processen geschieden volgens ordelijke, deterministische paden met duidelijke begin- en eindpunten (determinisme).

Het lineaire paradigma was en is nog steeds een aanlokkelijk model: we kunnen op onze beide oren slapen in de wetenschap dat een select kransje experts alles onder controle heeft. Dit type denken drukte niet alleen zijn stempel op het moderne wetenschapsbeeld, maar entte zich op allerlei andere sferen van de maatschappij. Historisch gezien viel de aanvaarding van het lineaire, machineachtige wereldbeeld samen met de absolute doorbraak van het industriële fabriekssysteem, het tomeloze productivisme en een zuiver instrumentalistische visie ten aanzien van een te domineren en passief geachte natuur. Hoewel het lineaire paradigma thans wetenschappelijk achterhaald is, doet het tot op heden zijn invloed gelden bij menig wetenschapper, technoloog, politicus, econoom etc. Bij die laatsten manifesteert dit zich telkenmale zij in hun analyses *ceteris paribus* opperen ('alle andere dingen blijven hetzelfde'), zodat zij zich niets hoeven aan te trekken van alle ingewikkelde wisselwerkingen tussen de verschillende parameters van het systeem onderling en met de omgeving. Nochtans maken deze wisselwerkingen intrin-

siek deel uit van het systeem; hen negeren is onvergeeflijk. Dat is ondertussen wel zeer duidelijk tot uiting gekomen via de ontwikkelingen in een aantal oudere en nieuwe wetenschappen (ecologie, systeemtheorie, niet-evenwichtsthermodynamica etc.) (Jones, 2002).

Chaostheoretici illustreerden hoe zelfs eenvoudige, schijnbaar deterministische systemen een vaak buitengewoon complex en onvoorspelbaar gedrag vertonen. Ondertussen weten we dat niet-lineaire fenomenen niet noodzakelijk onvoorspelbaar zijn in theorie; in de praktijk echter vereist de voorspelbaarheid oneindige precisie en dus niet-realiseerbare kennis van de beginvoorwaarden, evenals ongewoon krachtige computersystemen. Men illustreert dit vaak aan de hand van het voorbeeld van een balletje dat balanceert op een omgekeerde hemisferische kom. Een uiterst kleine verstoring van het balletje zal ertoe leiden dat het van de kom afrolt; om echter de exacte baan te beschrijven zou men met een immens grote accuraatheid de initiële verstoring moeten kunnen kwantificeren (Rihani, 2002:89). Naarmate de complexiteit van een systeem toeneemt, wordt het niet-lineair gedrag belangrijker. Complexe systemen vertonen wat men met een technische term 'chaotisch gedrag' noemt; daarmee verwijst men naar de kritische afhankelijkheid van de initiële toestand van het systeem. Voor niet-lineaire systemen zijn oorzaken en gevolgen helemaal niet eenduidig gekoppeld; is het geheel dikwijls meer dan de som van de delen; en zegt de kennis van het gedrag van de componenten soms niets over het gedrag van het geheel etc. Zoals we verder zullen beschrijven, zijn de implicaties hiervan enorm.

Chaostheorie is populair

Vandaag hanteert men elementen uit de chaostheorie en de nauw ermee gelieerde complexiteitstheorie¹ in de beschrijving van de meest uiteenlopende systemen zoals het klimaat, bevolkingsevoluties, de beurs, chemische reactiesnelheden ... tot zelfs in de sociale wetenschappen. Zo gebruiken prominente denkers zoals Immanuel Wallerstein, links theoreticus en grondlegger van de wereldsysteemanalyse, elementen uit de complexiteitstheorie in hun analyse van 'historische sociale systemen' – zoals het zich globaliserende kapitalistische wereldbestel – “aange-

zien deze systemen, op het universum na, door de grootste complexiteit gekenmerkt worden” (Wallerstein, 2003:84). Wallerstein is net zoals vele anderen de mening toegedaan dat, naarmate de globalisering zich verder doorzet, de complexiteitsrelaties in de wereld alleen maar toenemen. Met het begrip 'globalisering' refereert men dan aan de toenemende mondialisering en verstrengeling van uiteenlopende verhoudingen op politiek, economisch, technologisch, militair, seksueel, ecologisch en cultureel vlak. De wereld ondergaat daarbij grondige wijzigingen op zowel kwantitatief als op kwalitatief vlak, zowel in positieve als in negatieve richtingen (Dumolyn & Jones, 2003:18).

In deze geglobaliseerde wereld is de vlinder van Lorenz alomtegenwoordig. Kleine wijzigingen of beslissingen in het ene deel van de wereld kunnen een ongewoon grote invloed hebben op het leven van mensen in een ander deel van de wereld. Schatplichtig aan de complexiteits- en chaostheorie omschrijft Anthony Giddens globalisering als “het intenser worden van de wereldwijde sociale relaties waarbij ver van elkaar verwijderde lokaliteiten verbonden worden op zo'n wijze dat lokale gebeurtenissen beïnvloed worden door zaken die vele kilometers verder plaatsvinden en vice versa” (Giddens, 1990:64). Denken we maar aan de financiële crisis in Zuid-Oost-Azië in 1997 die ontketend werd nadat een select groepje speculanten een aanval had ingezet op de Thaise munt. De crisis verspreidde zich als de bliksem naar Indonesië, Maleisië, de Filipijnen en Zuid-Korea. Internationale investeerders trokken hun geld terug; eens de sneeuwbal in gang was gezet, zakte de economieën in Zuid-Oost-Azië één voor één als een pudding in elkaar. De sociale gevolgen waren kolossaal: miljoenen mensen verloren hun jobs en belandden als een donderslag bij heldere hemel in extreme armoede ...

Waakzaamheid geboden

Toch moeten we kwijt dat enige waakzaamheid geboden is bij de extrapolatie van concepten uit de natuurwetenschappen naar domeinen zoals sociaal-economische fenomenen, het menselijk gedrag etc. Ons lijken de complexiteitsconcepten vooral boeiend op het metaforische niveau.² Zij kunnen ons een originele bril aanreiken om de

sociale werkelijkheid te bestuderen. Domeinen waar men de chaostheorie wel zonder enige restricties kan toepassen, zijn bijvoorbeeld de studie van de klimaatcrisis of andere milieuproblemen. Vooraleer ons licht te laten schijnen op de relatie tussen globalisering en milieuproblemen, willen we het eerst hebben over de klimaatdestabilisatie die bij de dageraad van het derde millennium als het zwaard van Damocles boven het hoofd van mens en natuur hangt.

Chaostheorie en globale opwarming

Hoewel het klimaat doorheen de geschiedenis natuurlijke evoluties heeft ondergaan, hebben de activiteiten van de (industriële) mens ertoe geleid dat het mondiale klimaat thans relatief snel aan het wijzigen is. Dit is des te meer het geval wanneer men de huidige opwarming vergelijkt met het vrij stabiele klimaat sinds het einde van de laatste ijstijd (ongeveer 12.000 jaar geleden). Het Intergouvernementeel Panel inzake Klimaatverandering (IPCC) laat er in haar baanbrekende evaluatierapporten (1995, 2001) weinig twijfel over bestaan: "The balance of evidence suggests a discernible human influence on global climate". In zijn derde evaluatierapport (IPCC, 2001) stelt het IPCC dat de gemiddelde oppervlaktetemperatuur sinds het einde van de negentiende eeuw met 0.6°C is opgelopen. Deze 'globale opwarming' en de ermee gepaard gaande klimaatverstoringen vormen vandaag en in de toekomst één van de meest prangende problemen waarmee mens en natuur geconfronteerd worden.

Voor een goed begrip van het klimaatvraagstuk is het zinvol een onderscheid te maken tussen (a) langzaam optredende, *graduele* klimaatwijzigingen; (b) catastrofale, niet-lineaire of *abrupte* veranderingen; en (c) apocalyptische *runaway global warming*. Hoewel tot op heden vooral aandacht werd besteed aan de gevolgen van graduele klimaatwijzigingen, stelt men vast dat er nu ook allusies worden gemaakt op het optreden van abrupte klimaatwijzigingen. Dat dit niet alleen gebeurt in de wetenschappelijke vakliteratuur, werd duidelijk door de recente publicatie van een verrassend alarmerende studie van – u leest het goed – het Pentagon. In dit aanvankelijk in de doofpot gestopte rapport schetst het Amerikaanse ministerie van Defensie een onthutsend toekomstbeeld waarin dramatische klimaatveranderingen op zeer korte termijn een grotere

bedreiging vormen voor de wereld dan het 'terrorisme'. Eerder had de klimaat specialist Sir John Houghton in een opmerkelijk opiniestuk in *The Guardian* globale opwarming al beschreven als een 'massavernietigingswapen', aangezien het net zoals terrorisme geen grenzen kent, overal kan toeslaan, in gelijk welke vorm – hier een hittegolf; daar een droogte, een overstroming of een storm (Houghton, 2003).

Graduele klimaatveranderingen. Wat de graduele wijzigingen betreft, heeft het IPCC een hele waaier aan scenario's ontwikkeld. Hierin voorspelt het dat de gemiddelde temperatuur tegen het jaar 2100 verder zou stijgen met 1.4 à 5.8°C . Een temperatuurtoename van 5.8°C is vergelijkbaar met het temperatuurverschil tussen het einde van de laatste ijstijd en de periode daarna. Paleoklimatologische gegevens wijzen uit dat de desbetreffende temperatuurwijziging onze planeet totaal getransformeerd heeft. Hoewel men strikt genomen moet opletten met dergelijke vergelijkingen, geeft dit een indicatie van wat er ons kan te wachten staan. Het IPCC voorspelt alleszins dat er zelfs bij minder problematische scenario's sowieso een grotere frequentie én intensiteit van 'extreme weersfenomenen' zal plaatsvinden. Hoewel het net de geïndustrialiseerde wereld is die het leeuwendeel van de globale opwarming heeft teweeggebracht – zo is de VS met slechts 5% van de wereldbevolking verantwoordelijk voor de uitstoot van 25% van de mondiale broeikasgasemissies – zullen de meeste slachtoffers aanvankelijk in de landen van het Zuiden vallen. Het Westen zal nochtans evenmin gespaard worden. Zo vielen er naar schatting 20.000 doden als gevolg van de hittegolf die tijdens de zomer van 2003 grote delen van Europa langdurig teisterde (Hopkin, 2004).³ Het staat ook buiten kijf dat de klimaatopwarming voor een ravage gaat zorgen in de wereld van de fauna en flora. In een ophefmakende studie in het gezaghebbende wetenschappelijke tijdschrift *Nature* waarschuwt een internationaal team van wetenschappers dat, zelfs in het minst onheilspellende IPCC-scenario (0.5°C opwarming tegen 2050), 18% van de bestudeerde landsorten met uitsterven bedreigd zijn ('committed to extinction') (Thomas et al., 2004:145). De teloorgang van deze species vormt niet enkel een probleem voor de getroffen soorten zelf; aangezien vele species van elkaar afhankelijk zijn, zal de verdwijning van 18% landsorten (of 37% in het worst-case IPCC-scenario) kunnen leiden tot allerlei, moeilijk te kwantificeren

multiplicatie- of zogenaamde knock-on-effecten. Op zijn beurt kan dit ook akelige gevolgen hebben voor tal van menselijke gemeenschappen die voor hun overleven rechtstreeks afhankelijk zijn van de rijkdom en de diversiteit van de ecosystemen waarin zij gedijen.

Abrupte klimaatveranderingen. Om de kans op het voorkomen van snelle, abrupte klimaatwijzigingen (zie kader) in te schatten, is het van belang erop te wijzen dat het klimaat het voorbeeld bij uitstek is van een uitermate complex, niet-lineair systeem. Tal van processen en interacties in dit systeem vertonen immers 'niet-linear', chaotisch gedrag: oorzaak en gevolg verhouden zich niet proportioneel. Niet-lineariteit impliceert het bestaan van drempelwaarden (*threshold values*) in het klimaatsysteem: kleine wijzigingen (*triggers*) kunnen grote veranderingen uitlokken van zodra deze kritische drempels overschreden zijn. Van zeer groot belang in de evoluties van het klimaat zijn de zogenaamde terugkoppelingsslussen (*feedbacks*) die zowel negatief (dempend) als positief (versterkend) kunnen zijn. Men spreekt over een *feedback* in een systeem wanneer het gevolg of het resultaat van een proces op zijn beurt de oorzaak van dat gevolg hetzij versterkt, hetzij dempt. Een typisch positief terugkoppelingsmechanisme is het volgende: hogere temperaturen leiden tot drogere grond, met een grotere kans op bosbranden; bosbranden leiden tot hogere broeikasgasconcentraties en verhogen bijgevolg op hun beurt de kans op nieuwe bosbranden etc. Tal van andere, zowel positieve als negatieve, terugkoppelingsmechanismen beïnvloeden de klimaat-evoluties.

Abrupte klimaatwijzigingen

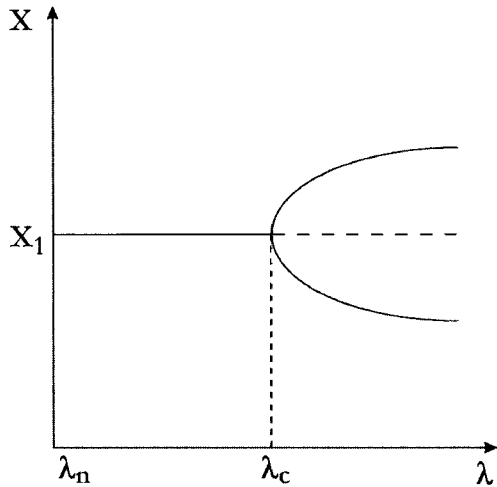
Technisch gezien betekent een abrupte klimaatwijziging een evenement waarbij het klimaatsysteem voorbij een bepaalde drempelwaarde wordt geduwd. Dit veroorzaakt een overgang naar een nieuwe toestand met een snelheid die niet door de oorzaak maar door het klimaatsysteem zelf wordt bepaald. Zelfs een kleine drijvende kracht kan een abrupte wijziging in gang steken. De verstoring kan bovendien ook chaotisch en onbepaald klein zijn (Alley et al., 2003:2005; Clark et al., 2002:866). Het IPCC erkent dat abrupte (*i.e.* over een periode van enkele jaren of decennia) 'niet-lineaire' klimaat-

wijzigingen helaas tot de mogelijkheden behoren.

Enkele parallellen naar de chaostheorie kunnen hier verhelderend werken. In de chaostheorie noemt men de verschillende stabiele toestanden van een dynamisch systeem *attractors*: zij beschrijven het langetermijngedrag van een systeem dat netto gezien niet fundamenteel wijzigt, ondanks chaotische interne activiteit. De abrupte en onvoorspelbare wijzigingen van de ene *attractor* naar een andere beschrijft men aan de hand van 'bifurcaties' (opsplitsing of tweesprong, zie Figuur 1). Wanneer een systeem door fluctuaties naar een ver-uit-evenwichtstoestand is gedrongen en in zijn structuur wordt bedreigd, komt het voor zo'n kritisch moment te staan: het is dan fundamenteel onmogelijk om van te voren te bepalen wat de toestand van het systeem zal zijn (contingentie) (Prigogine & Stengers, 1990: 21). In figuur 1 is de parameter λ een maat voor de 'onevenwichtigheid' (*distance from equilibrium*) van het systeem. Bij λ_0 verkeert het systeem in perfect evenwicht. Deze toestand X_1 blijft stabiel tot aan het kritische punt ($\lambda = \lambda_C$). Bij dit bifurcatiepunt ontstaan er twee nieuwe stabiele toestanden voor het systeem. Welke weg uiteindelijk gekozen wordt, is onvoorspelbaar en hangt af van de fluctuaties.

In het klimaatsysteem zou λ kunnen staan voor het niveau van de opwarming en λ_C voor één of andere kritische drempelwaarde voorbij dewelke een abrupte klimaatwijziging zich zou kunnen voltrekken. Een typische abrupte klimaatverandering waar tal van klimatologen naar verwijzen, is de potentiële uitschakeling van de Golfstroom (Manabe & Stouffer, 1993; Stocker & Schmittner, 1997; IPCC, 2001b:562). De Golfstroom – een oceaanstrooming die ontstaat door verschillen in temperatuur en zoutgehaltes – zorgt ervoor dat West-Europa thans (nog) kan genieten van een gematigd klimaat. Globale opwarming zou er echter kunnen toe leiden dat deze circulatie onomkeerbaar verstoord wordt. Inmiddels vermoedt men dat het gekoppelde oceaansfeer-klimaatsysteem, conform de basisconcepten van de chaostheorie, in meervoudige stabiele toestanden (*multiple equilibrium states*) kan verkeren (Kirby, 2004; Clark et al., 2002:863). Op basis van paleoklimatologische gegevens (boringen in ijskappen in Groenland) gaat men ervan uit dat

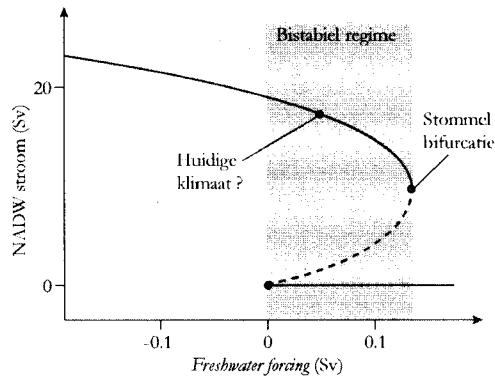
dit gekoppelde systeem abrupte wijzigingen kan ondergaan, als gevolg van kleine, graduele verstoringen die een plotselinge verschuiving op gang kunnen brengen van het ene stabiel regime naar een ander. Dit wordt geïllustreerd in figuur 2. Aangehouden globale opwarming wijzigt de drijvende kracht van de oceaanstroming aanvankelijk gradueel; blijft deze echter lang genoeg volhouden, dan bestaat er een drempelwaarde (bifurcatiepunt) waarbij de circulatie ophoudt te bestaan (Rahmstorf, 2002:210). Helaas zijn deze drempelwaarden niet exact gekend, zoals recent erkend werd in een overzichtsartikel in Nature (Clark et al., 2002:866). De exacte gevolgen van het uitschakelen van de Golfstroom zijn vrij moeilijk te voorspellen; alleszins heerst er een consensus dat deze niet te onderschatten zouden zijn. Zo verwacht men, paradoxaal genoeg, dat dit zou leiden tot een sterke afkoeling in het Noordelijk Halfrond.⁴



Figuur 1 – Symmetrische Bifurcatie

(pitchfork bifurcation, op basis van Prigogine, 1997:69; Prigogine & Stengers, 1990:178). In deze figuur blijft toestand X_1 stabiel zolang parameter λ (maat voor de onevenwichtigheid van het systeem) kleiner blijft dan λ_c , het zogenaamde bifurcatiepunt. Bij dit punt is het systeem zo ver afgedreven van zijn evenwicht dat de initiële toestand X_1 van het systeem niet langer stabiel is. Bij het symmetrische bifurcatiepunt λ_c ontstaan er twee nieuwe, symmetrische stabiele oplossingen. Het valt niet te voorspellen welke

weg het systeem uiteindelijk zal kiezen; dat zal afhangen van de aard van de fluctuaties.



Figuur 2 – Stabiliteit en niet-lineariteit van het gekoppelde oceaan-atmosfeer-systeem.

In deze figuur wordt de drijvende kracht voor de oceaancirculatie (vorming North Atlantic Deep Water) uitgezet tegen de globale opwarming (hier uitgedrukt in termen van Freshwater forcing). De figuur toont twee 'evenwichtstoestanden' (stabiele regimes) voor het gekoppelde systeem. Voorbij het (Stommel-)bifurcatiepunt, ontstaat er een overgangsfase naar een nieuw stabiel regime (op basis van Scheffer et al., 2001:592; Rahmstorf, 2002:210)

Runaway global warming. Het meest apocalyptische klimaatscenario behelst een onbeheersbaar broeikaseffect dat men doorgaans benoemt als runaway global warming. Het bestaan van kritische drempels, complexe traagheidseffecten en vooral niet-lineaire positieve terugkoppelingsmechanismen in het klimaatsysteem betekent dat men dit scenario niet a priori kan uitsluiten – hoewel de kans relatief klein wordt ingeschat. In dit scenario zou de globale opwarming, eenmaal zij goed op gang gebracht is, uit zichzelf verder ontwikkelen, ongeacht de mens doorgaat met de verbranding van fossiele energiebronnen. Stijgende temperaturen in combinatie met (te) hoge CO_2 -concentraties zouden extra broeikasgassen zoals waterdamp (oceanen), methaan (permafrostgebieden) en CO_2 (ontbinding biomassa) doen vrijkomen, die op hun beurt via positieve terugkoppeling een kettingreactie van alsmaar stijgende temperaturen zouden teweegbrengen. Eens de sneeuwbal echt aan het rollen is, kan hij niet meer tegengehouden worden (Cromwell,

2003:144). Dit behelst een situatie waarin men enkel nog bang kan afwachten wat er zal plaatsvinden tijdens de overgangschaos naar, mogelijk-kerwijs, een nieuwe, stabiele toestand.

Conclusie. Via de chaostheorie en het onderzoek naar historische abrupte klimaatwijzigingen weten we dat het mondiale klimaatsysteem zich kan gedragen als een woest beest dat, eenmaal het uit balans gebracht wordt, in staat is om op een drastische en gevaarlijke manier te reageren. Hoewel er vandaag nog zeer grote onzekerheid bestaat over de ligging van bepaalde kritische drempelwaarden en de inherente niet-lineaire interacties in het ecosfeer-klimaat-systeem, kan men, gezien de potentieel catastrofale reacties, maar beter op veilig spelen en ervoor zorgen dat het beest niet uitgedaagd wordt.

Chaostheorie, globalisering en milieu- en gezondheidsproblemen

Tussen chaostheorie, versnelde globalisering en andere milieu- en gezondheidsproblemen bestaan er eveneens dwarsverbanden. De wereld is vandaag kwetsbaarder voor het uitbreken en de wereldwijde verspreiding van zowel oude als nieuwe infectieziekten. Gedurende de twee laatste decennia werden meer dan 30 infectieziekten voor de eerste maal in mensen vastgesteld, waaronder AIDS, Ebola, Hepatitis C en E. De pijlsnelle toename in mondiale verplaatsingen van mensen, planten, dieren en goederen vormt de drijvende kracht voor wat de AIDS-onderzoeker Jonathan Mann de *globalisation of disease* noemt (geciteerd in French, 2000:42). Een gezondheidsgevaar op één plaats in de wereld kan in een mum van tijd ook op verafgelegen plaatsen in de wereld toeslaan. Bovendien voorspellen wetenschappers dat klimaatdestabilisatie dit probleem nog verder zal versterken, zowel door de hogere frequentie van extreme weersfenomenen die epidemieën in hun kielzog achterlaten als door het feit dat de opwarming het actieterrain van ziekteverwekkende organismen zou vergroten (cfr. *malariamug*).

Een analoog verhaal geldt voor het langeafstandstransport van toxische substanties zoals polychloorbifenylen (PCB's). Dit leidt tot het ironische resultaat dat mensen in de meest verafgelegen plaatsen ter wereld blootgesteld worden

aan chemische vervuiling die elders in de wereld werd veroorzaakt. Zo stonden wetenschappers perplex toen zij in de moedermelk van Inuitvrouwen in Noord-Canada de hoogst ooit gemeten PCB-concentraties aantroffen (French, 2000:76). PCB's interfereren met de werking van onze hormonen en kunnen ernstige gezondheidsrisico's teweegbrengen. Fred Pearce lichtte in het wetenschappelijke vakblad *New Scientist* het tipje van de sluier op: 'persistente organische pollutanten' (zoals PCB's) zijn in staat afstanden van duizenden kilometers te overbruggen. Eens ze vrij in het milieu circuleren, verdampen ze en 'reizen' ze via de luchtstromingen naar koudere gebieden waar ze vervolgens condenseren (Pearce, 1997:24). Dit proces ('mondiale distillatie') heeft ertoe geleid dat PCB's zich geaccumuleerd hebben in de ecosystemen aan de Noord- en Zuidpool, vooral dan in het vetweefsel van zoogdieren zoals poolberen en walvissen, aangezien zij juist bovenaan de voedselketen staan. Het onderzoek toonde helaas aan dat PCB's ook in de borstklieren van de Inuitvrouwen 'gebioaccumuleerd' waren.

Milieuproblemen zijn diffuus

Het zal inmiddels wel duidelijk geworden zijn dat het merendeel van milieu- en gezondheidsproblemen uiterst complex zijn. De gevolgen ervan zijn vaak onomkeerbaar en vertonen een in tijd en ruimte diffuus karakter. Het ruimteaspect kwam al aan bod in de voorgaande voorbeelden; in vele gevallen is er echter ook sprake van een tijdseffect. Zo zijn vandaag een groot deel van de slachtoffers van de kernramp in Tsjernobyl (26 april 1986) nog zelfs niet geboren. *Idem* dito voor toekomstige slachtoffers van PCB-vergiftiging, Creutzfeldt-Jakob, illegaal gedumpt radioactief afval, met cyanide verontreinigde goudmijnen etc. Bovendien bestaat er bij vele milieuproblemen grote onduidelijkheid aangaande het oorzakelijk verband (causaliteit) tussen daden en gevolgen. Wie precies is verantwoordelijk voor de besmetting van de Inuitvrouwen? De aandeelhouders van bedrijf X, de consumenten uit land Y? De Nederlandse milieufilosof Marius De Geus spreekt in deze context over het afschuifmechanisme. Omdat eigenlijk iedereen verantwoordelijk is (maar niet iedereen in gelijke mate), wordt niemand feitelijk aansprakelijk gesteld en kan iedereen de schuld voor de hui-

dige ontwikkelingen afschuiven op de anderen ... en de toekomstige generaties (De Geus, 1993:25). Het omgaan met milieuisico's geeft dus aanleiding tot aanzienlijke ethische moeilijkheden. Zo wijst wijlen Paul Gimeno (2000:130) op het feit dat potentiële verliezers wegens hun ontoereikende koopkracht niet mogen (mensen uit de huidige generatie, cf. de Inuitvrouwen) of, erger nog, niet kunnen (mensen uit de toekomstige generaties) participeren bij de zoektocht naar mogelijke (partiële) oplossingen voor deze milieuproblemen.

Believers versus disbelievers?

In een ijzingwekkend artikel in *De Witte Raaf* beschrijft Lieven De Cauter (2002) hoe het milieuvraagstuk, juist vanwege zijn niet-lineair karakter, niet kan losgekoppeld worden van andere stressfactoren: "Alle probleemparameters, pollutie, armoede, voedsel- en watertekort, migratie, dualisering, uitsluiting, sociale en etnisch religieuze conflicten zullen alleen maar verhevigen. Het gaat om elkaar wederzijds versterkende gevolgen: de *feedbackloops* die één parameter in combinatie met de andere parameters in gang zet, kunnen leiden tot catastrofale kettingreacties op wereldschaal." (De Cauter, 2002:9-10) Wanneer De Cauter spreekt over de 'permanente catastrofe', maakt hij gewag van het volgens hem nakende gevaar van de implosie van het wereldbestel, *on the edge of chaos*: "[De] catastrofe is een grondige versterking van het evenwicht binnen het wereldsysteem door toedoen van de mens (...). De catastrofe is geen nevenverschijnsel van de vooruitgang, maar behoort tot de kern van het principe van de vooruitgang zelf, als logica van technologische versnelling, kapitaalaccumulatie en economische groei." (De Cauter, 2002:10) Maakt De Cauter zich hier schuldig aan hypochondrisch doemdenken? Misschien. Sommige critici zullen zich wellicht herkennen in de woorden van de Britse socioloog Frank Furedi die een grondige hekel heeft aan 'apocalyptische visioenen': "We beleven een serieuze crisis van de menselijke verbeeldingskracht en creativiteit. Het gevoel dat het alleen maar bergaf kan gaan, overheerst. *Things can only get worse*. Ons geloof in de vooruitgang is aangetast (sic). Met alle gevolgen van dien. (...) Er wordt te veel paniek gezaaid, onder meer door ngo's die vanuit hun bekommernis voor het goede (vaak: groene) doel een evenwichtig wetenschappelijk debat verstoren (sic)." (geciteerd in

De Ceulaer, 2003:34) Daar heb je het dan. Met hun gekende dikdoenerige zelfverzekerdheid hebben de vooruitgangsoptimisten een blind vertrouwen dat het allemaal wel vanzelf zal loslopen. Niet dat er geen problemen zijn of dat er niets moet gebeuren, maar ... Een identiek geluid hoort men bij de ondertussen wereldbekende Björn Lomborg, *bête noir* van de milieubeweging wegens zijn auteurschap van het ook in wetenschappelijke kringen verfoeide *The Sceptical Environmentalist* (2001) (voor een pleidooi tegen dit onredelijk milieuoptimisme, zie Jones & Jacobs, 2004).

Men kan zich afvragen of deze vooruitgangsoptimisten zich werkelijk bewust zijn van de implicaties van de 'Copernicaanse revolutie' die Darwin in de negentiende eeuw op het vlak van de natuurgeschiedenis heeft doorgevoerd. Darwin reduceerde de mens van het ultieme doel van de (goddelijke) schepping tot een detail in de evolutie. In het vervolg moet er afgezien worden van de centraliteit van de mens als ordenend principe van de levensgeschiedenis. De mensen hebben, net als alle andere soorten de details van hun geschiedenis meer te danken aan een grote dosis geluk, dan wel aan een voorspelbare en onvermijdelijke ontwikkeling (Gould, 1990 en 1996). Ons ontstaan is mede het gevolg van een paar natuurlijke catastrofes: de komeetinslag van 65 miljoen jaar geleden die een einde maakte aan de miljoenen jaren durende heerschappij van de dinosauriërs en een reeks reusachtige vulkaanuitbarstingen van 55 miljoen jaar geleden die aan de basis lagen van de heerschappij van de landzoogdieren, waaronder de primaten die gelden als de voorouders van de mensapen (Gould, 1993). Ongeveer 99,9% van alle soorten die ooit onze planeet bevolkten, zijn ondertussen verdwenen. In de laatste 600 miljoen jaar zijn er 5 grote pieken van massale uitsterving vastgesteld en meer dan 20 periodes van kleinere uitsterving. Daarom getuigt het van niet weinig misplaatste arrogantie om de geschiedenis van het leven voor te stellen als een lineair vooruitgangsproces van ongewervelde naar gewervelde dieren dat zijn uiteindelijke voltooiing vindt in de menselijke soort (een wat genuanceerdere versie van die visie wordt tegenwoordig verdedigd door de evolutiepsycholoog Robert Wright (2000)). Darwin leerde ons de menselijke soort te zien in zijn werkelijke proporties als een 'schitterend ongeluk' (Gould) dat maar één zekere lotsbestemming heeft: opnieuw te verdwijnen van deze

aardbodem door toeval of ... door eigen toedoen. Het eerste alternatief zal heel waarschijnlijk onvermijdelijk zijn, maar gezien de nog jeugdige leeftijd van de soort 'mens' mogen we verhopend dat die uiteindelijke Apocalyps slechts in een héél verre toekomst zal plaatsvinden. Geen enkele evolutionaire of historische wetmatigheid garandeert ons echter dat de mensheid steeds een oplossing (technologisch, economisch of politiek) zal kunnen vinden voor de levensbedreigende onzekerheden die zichzelf in het leven roept. Blinde voortvarendheid en arrogantie zetten ons ertoe aan putten te delven die in een niet zo verre toekomst onze eigen graven kunnen zijn!

In tegenstelling tot de wijze waarop lieden als Lomborg en Furedi de zaken voorstellen, gaat het ons helemaal niet om angst te zaaien. Veeleer pleiten wij voor een 'reflexieve modernisering': een modernisering die zichzelf in vraag durft stellen en kanttekeningen plaatst bij een blind, lineair geloof in de vooruitgang, zoals dat al te nadrukkelijk aanwezig is bij vooruitgangsoptimisten. Een oppervlakkige lezing suggereert misschien dat het hier eens te meer zo'n discussie betreft waar believers ('doemdenkers') en disbelievers ('vooruitgangsoptimisten') diametraal tegenover elkaar staan opgesteld, waarbij de realiteit zich ergens in het midden ophoudt. Ons inziens is dat een totale verdraaiing van de realiteit. De zogenaamde doemdenkers vertrekken vanuit het feit dat er wetenschappelijke gronden bestaan die erkennen dat er zich in de nabije toekomst grote problemen kunnen voordoen. Opgelet: kunnen is nog niet hetzelfde als zullen. In een geval van onzekerheid en gebrek aan volledige kennis kan men echter twee houdingen aannemen. In de Lomborg-visie (die overigens zeer goed van pas komt voor *business as usual*-aanhangers uit de zware industrie en rechts-liberale politieke kringen) gokt men dat het allemaal wel meevalt en neemt men voorlopig geen maatregelen, met het risico dat het te laat is om nog iets te doen wanneer duidelijk wordt dat de gevolgen wél problematisch, want onomkeerbaar zijn. In de reflexieve moderniseringsvisie onderneemt men nu reeds, ondanks onvolledige kennis, stringente maatregelen, met het risico dat we de problemen overschat hebben. Nochtans begint de wetenschappelijke consensus rond een heel aantal ecologische problemen langzaam over te hellen naar de

alarmerende kant. In het geval van het klimaatvraagstuk is deze consensus ondertussen vrij verbluffend. Wat te denken van de volgende reactie in *Nature* op de eerder vermelde studie aangaande het uitsterven van landsorten als gevolg van globale opwarming: "Deze schattingen zijn misschien optimistisch. Het risico op uitsterven neemt toe naarmate globale opwarming met andere factoren interageert – zoals wijziging van landfuncties, invasie van vreemde soorten en toename van koolstofdioxideniveaus – zodat gemeenschappen en ecologische interacties verstoord worden." (onze vertaling van Pounds & Puschendorf, 2004:108) Pounds en Puschendorf alluderen hier overduidelijk op het bestaan van synergetische, niet-lineaire effecten en interacties, die nare gevolgen kunnen hebben voor mens én natuur. Het gaat hier niet uitsluitend over potentiële gebeurtenissen dan wel over fenomenen die reeds vandaag, tergend traag geschieden: "The threat to life on Earth is not just a problem for the future. It is part of the here and now." (Pounds & Puschendorf, 2004:108) Dit voorbeeld uit *Nature* vormt geen uitzondering die spreekwoordelijk de regel moet bevestigen. Tal van andere publicaties in *Nature* en *Science* evenals de *Global Environment Outlook*-rapporten van het Milieuprogramma van de VN (UNEP), de *State of the World*-verslagen van het *Worldwatch Institute* en de evaluatierapporten van het IPCC zenden gelijkaardige signalen uit als dat van De Caeter. Uiteraard gebeurt dat, eufemistisch uitgedrukt, in een iets minder dramatische toonaard. *Au fond* wijst de boodschap evenwel in dezelfde richting. De wereld gaat gebukt onder tal van ecologische problemen die elkaar via ingewikkelde terugkoppelingsmechanismen veeleer lijken te versterken dan elkaar af te zwakken. De ecologische risico's kunnen niet langer beschouwd worden als kleine neveneffecten van een voor de rest gesmeerd verloopend proces; zij bevinden zich daarentegen in het hart van de maatschappelijke, politieke en economische controverses. In weerwil van de klassieke lineaire en reductionistische schema's, kunnen zij evenmin geïsoleerd worden van andere sociale, economische en demografische probleemparameters. Zij bedreigen en bevragen de fundamenten van het Westerse ontwikkelingsparadigma.

Ondemocratische welvaart

Het milieuprogramma van de VN erkent dat op termijn de milieu-impact van de geïndustrialiseerde wereld met een factor 10 moet afnemen om de gemeenschappen in het Zuiden in staat te stellen een aanvaardbaar welvaartspeil te bereiken. Het is immers structureel onmogelijk de Westerse (over)consumptieniveaus (cf. airconditioning, autogebruik, internationale vliegreizen, water- en vleesconsumptie etc.) te veralgemenen naar de gehele wereldbevolking. Daarom zijn we het met Wolfgang Sachs eens dat deze rijkdom in wezen 'ondemocratisch' is juist omdat deze niet veralgemeend kan worden (Sachs, 2003). Nochtans is de scheidslijn tussen het arme Zuiden en het rijke Noorden danig aan het vervagen. De Westerse consumptiestijl is vandaag immers het belangrijkste exportproduct van het Noorden: deze creëert een rechtstreeks conflict tussen de 'geglocaliseerde rijken' en de 'gelocaliseerde armen'. Daar waar de rurale armen hoe langer hoe meer worden afgesloten van de natuurlijke rijkdommen en hun subsistentierechten het moeten ontgelden, worden de verpauperde stadsbewoners fysiek bedreigd door de verloedering van hun onmiddellijke omgeving (verontreinigd water, onveilige behuizing, vuile lucht, gebrek aan sanitair, hoge criminaliteitscijfers etc.). Deze Mad Max-situatie, waarin een kleine minderheid toegang heeft tot misselijk makende welvaart én grote massa's mensen zelfs niet over een minimaal comfort kunnen beschikken, is op termijn onhoudbaar.

De gecombineerde sociaal-ecologische crisis vormt ontegensprekelijk een uitdaging voor de Realpolitik van het haalbare: is het haalbare voldoende om mens en natuur te redden? Levend op een aarde die fundamenteel afgebakend is door biofysische en thermodynamische grenzen moeten we leren beseffen dat de huidige groei-manie in het Westen en de mimetische strijd van het Zuiden niet vol te houden zijn. Duurzame (Westerse) ontwikkeling is een *contradictio in terminis*: het economisch realisme – dat zowel bij centrumlinks als bij centrumrechts welig tiert – is niet langer realistisch.

Het voorbeeld van runaway global warming spreekt boekdelen. Om abrupte klimaatwijzigingen te voorkomen moet men er alleszins voor zorgen dat de kritische drempelwaarden in het klimaatstelsel niet overschreden worden. Bedenk

bovendien dat een aantal specialisten terzake erop wijzen dat de IPCC-rapporten bewust de risico's op catastrofale klimaatwijzigingen onderschatten, juist uit vrees beschuldigd te worden van het nodeloos propageren van doemscenario's (Gundermann, 2002:145). Het is nochtans een feit dat een heel aantal (potentieel optredende) niet-lineaire fenomenen (e.g. uitschakeling Golfstroom, breuken in de West-Antarctische ijskappen, uitstoot methaan uit reservoirs in de permafrost-gebieden (Hasselmann et al., 2003: 1925)) momenteel nog niet zijn opgenomen bij de berekening van de verschillende IPCC-scenario's.

Onder klimaatspecialisten heerst er een consensus die stelt dat op termijn een reductie van wellicht 80% in broeikasgasemissies vereist is om catastrofale globale opwarming te voorkomen. Momenteel schat men bijvoorbeeld dat 4°C opwarming de ultieme drempelwaarde vormt vooraleer de Golfstroom zou uitschakelen, ook al beschikt men over geen enkele zekerheid betreffende deze raming (Gundermann, 2002:145). De onzekerheid aangaande de exacte waarden van deze kritische drempel zou een reden te meer moeten zijn om aan de veilige kant te spelen en, *hic et nunc*, effectieve maatregelen te nemen, in plaats van te gokken dat het allemaal wel niet zo'n vaart zal lopen. Helaas toont de politieke realiteit een ander plaatje aan. Het blijft ons dan ook een levensgroot raadsel hoe de 'Best Beschikbare Realpolitik' van vandaag, cfr. de Kyoto-doelstellingen die een gemiddelde emissiereductie tegen 2008-2012 van 5.2% ten opzichte van het referentiejaar 1990 vooropstellen, ons uit de impasse gaat halen. Hiermee ontkennen we nochtans niet het enorm gewichtige belang van internationale milieuakkoorden zoals dat van Kyoto, al was het maar vanwege zijn symbolisch karakter.

Systemische crisis

Wallerstein staat dus niet geïsoleerd wanneer hij stelt dat het hedendaagse groei- en winstgerichte wereldbestel zich in een nooit geziene 'systemische crisis' bevindt: "In Hegeliaans jargon houdt dit in dat de interne tegenstellingen van het systeem niet langer kunnen bedwongen worden. In de taal van de complexiteitstheorie zegt men dat het systeem te ver afgedreven is van het evenwicht, dat het in een periode van chaos terechtkomt, dat haar vectoren zullen bifurceren, zodat

uiteindelijk een nieuw systeem van systemen gecreëerd zal worden. Het betekent dat de 'ruis' in het systeem niet langer kan genegeerd worden maar integendeel op het voorplan zal verschijnen. Het intrinsieke eindresultaat is dan onzeker en creatief." (Wallerstein, 2003:84)

Enkele opmerkingen zijn hier op hun plaats. Primo. Men kan maar beter zeer behoedzaam zijn met uitspraken over de zogenaamd onafwendbare implosie van het kapitalistisch wereldbestel. In het verleden zijn de prognoses van de linkerkant reeds herhaaldelijk fout gebleken: in de realiteit is het kapitalisme veerkrachtiger en sterker gebleken dan zijn critici hadden voorspeld. Ook vandaag is het hoogst onzeker hoe het wereldkapitalisme gaat omgaan met de nieuwe risico's en gevaren. Sommige groene marxisten zoals John Bellamy Foster (2002) voorspellen dat toenemende milieuschade een nieuwe fase van kapitalistische winsten kan inluiden. In een totaal dualistische wereld zouden nieuwe economische sectoren op uiterst cynische wijze profiteren van de ecologische crisis. Anderen geloven in de mogelijkheid dat de wereldelites erin zullen slagen, met een combinatie van de wortel en de stok, de wereld te pacificeren, ook al blijft het voor ons een volstrekt raadsel hoe men dat zou kunnen verwezenlijken. Wallerstein (2003:85) spreekt in dit kader van de 'Lampudesa-strategie': teneinde hun geprivilegieerde positie te kunnen blijven innemen, zullen de elites *alles* trachten te veranderen om uiteindelijk niets te veranderen.

Secundo. Deterministische geschiedenisopvattingen zijn om evidente redenen absoluut uit den boze. Zowel Francis Fukuyama in *The End of History and The Last Man* (1992) als vulgaire marxisten die geloven in de onvermijdelijke komst van het beloofde land, in *casu* het communisme, hebben het aan het verkeerde eind. De geschiedenis is allesbehalve een lineair, onvermurwbaar, wetmatig verloopend proces. Men kan geen positieve óf negatieve conclusies over de evolutie van het wereldsysteem vooropstellen, wat ook erkend wordt door Wallerstein: "aangezien alternatieve aflopen van een onbegrensd aantal ongekende en onmogelijk te kennen keuzes afhangen" (Wallerstein, 2003:85). Conform de chaostheorie zou men kunnen zeggen dat het volstrekt uitgesloten is om te voorspellen of het kapitalistisch wereldsysteem tot chaos uiteen zal vallen dan wel naar

een nieuw en hoger niveau van organisatie zal overgaan. We hebben eveneens het raden naar het antwoord op de vraag of dat nieuwe 'systeem van systemen' postkapitalistisch of minder milieudestructief zal zijn.

Chaos of orde uit chaos, is dat dan werkelijk de keuze waar we vandaag voor staan? In schril contrast met Lieven De Cauter die oppert dat we de nakende chaos niet kunnen afwenden maar dat we in het beste geval de catastrofes slechts kunnen beheren (De Cauter, 2002:10), zijn wij samen met Wallerstein voorzichtig hoopvol. Wij geloven in de mogelijkheid dat de brede andersglobaliseringsbeweging ooit het tij zal kunnen keren, ook al zal dat beslist niet eenvoudig zijn. Het betreft een actieve vorm van hoop die niets belooft behalve de kans er zelf wat aan te doen, want: "in tijden van crisis en overgang gaat de factor 'vrije wil' een centrale rol spelen" (Wallerstein, 1998: 64). Met Wallerstein zijn we het alleszins eens dat de geschiedenis aan niemands kant staat; zij is open-eindig en door ieder van ons *mede* te beïnvloeden, ondanks (maar ook: dankzij) de preciaire situatie waarin de mensheid en het aardse tranendal zich vandaag bevinden.

Om het met de woorden van de Griekse redenaar Demosthenes te zeggen: de tijd is gekomen om uit onze lethargie te ontwaken.

DANKWOORD

Bij deze wensen we onze dank te betuigen aan IWT-bursaal Nele Moelans, Herman Michiel, Ilse Plessers, Elke Heirbaut, Bart Naessens, Gunther Lippens, Jenny Walry, Francine Mestrum en Jef Peeters voor hun opmerkingen, kritieken en voorstellen die naar aanleiding van deze tekst werden geventileerd.

BIBLIOGRAFIE

- ALLEY, R.B., CLARK, P.U., "The glaciation of the northern hemisphere: a global perspective", *Annu. Rev. Earth Planet Sci.*, 27, 1999, 149-182.
- BEST, S., KELLNER, D., *The Postmodern Turn*, Londen, 1997.
- CLARK, P.U., *et al.*, "The role of the thermohaline circulation in abrupt climate change", *Nature*, 415, 2002, 863-869.
- CROMWELL, D., "Lethal Threats: Global Warming, Elite Power And Bounded Debates", *ZNet Daily Commentaries*, 18/1/2003.
- DE CAUTER, L., "De permanente catastrofe", *De Witte Raaf*, (97), 2002, 9-12.

- DE CEULAER, J., "De markt van de angst", *Knack*, 28 mei 2003, 34-38.
- DE GEUS, M., *Politiek, milieu en vrijheid*, Utrecht, 1993.
- DUMOLYN, J., JONES, P.T. (red.), *Esperanza! Praktische theorie voor sociale bewegingen*, Gent, 2003.
- FOSTER, J.B., "Capitalism and Ecology: The Nature of the Contradiction", *Monthly Review*, 54(4), 2002.
- FRENCH, H., *Vanishing Borders*, New York/Londen, 2000.
- FUKUYAMA, F., *The End of History and The Last Man*, New York, 1992 (Ned.: *Het einde van de geschiedenis en de laatste mens*, Amsterdam, 1993).
- GIDDENS, A., *The Consequences of Modernity*, Stanford, 1990.
- GIMENO, P., "Onzekerheid en risicobeleid: pleidooi voor een procedurele rationaliteit, een filosofisch-ethisch perspectief", In: B. MAZIJN, *Duurzame ontwikkeling meervoudig bekeken*, Gent, 2000.
- GLEICK, J., *Chaos: Making a New Science*, New York, 1987 (Ned.: *Chaos: de derde wetenschappelijke revolutie*, Amsterdam, 1989).
- GOULD, S. J., *Wonderlijk leven*, Amsterdam, 1990.
- GOULD, S. J. (red.), *Verslag van het leven*, Haarlem, 1993.
- GOULD, S. J., *De gok van de evolutie*, Amsterdam, 1996.
- GUNDERMANN, J., "Climate Changes: Discourse in the Greenhouse", In: C. EGE en L. CHRISTIANSEN (ed.), *Sceptical Questions and Sustainable Answers*, Kopenhagen, 2002.
- HASSELMAN, K., et al., "The Challenge of Long-Term Climate Change", *Science*, 302, 2003, 1923-1925.
- HOPKIN, M., "Extreme heat on the rise", *Nature* (Science Update), 12/1/2004 (<http://www.nature.com>)
- HOUGHTON J., "Global warming is now a weapon of mass destruction", *The Guardian*, 28/7/2003.
- IPCC, 2001a: *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.)], Cambridge/New York, 2001.
- IPCC, 2001b: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.)], Cambridge/New York, 2001.
- JONES, P.T., JACOBS, R., "Pleidooi tegen onredelijk milieuoptimisme", *Oikos*, 2004, in druk.
- JONES, P.T., "De entropische wereldorde: deel I", *Vlaams Marxistisch Tijdschrift*, 36 (4), 2002, 90-99.
- JONES, P.T., "Het blijft ook volgende week te warm", *Financieel Economische Tijd*, 13/8/2003.
- KIRBY, A., "Doom warnings sound more loudly", *BBC News World Edition*, 10/1/2004
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3384067.stm>
- KUHN, T.S., *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago/Londen, 1962 (Ned.: *De structuur van de wetenschappelijke revoluties*, Amsterdam, 1972).
- LOMBORG, B., *The Sceptical Environmentalist*, Cambridge, 2001.
- MANABE, S., STOUFFER, R.J., "Century-scale effects of increased atmospheric CO₂ on the ocean atmosphere system", *Nature*, 364, 215-218, 1993.
- PEARCE, F., "Northern Exposure", *New Scientist*, 31 May 1997, 24-27.
- POUNDS, J.A., PUSCHENDORF, R., "Clouded futures", *Nature*, 427, 2004, 107-108.
- PRIGOGINE, I., *The End of Certainty*, New York, 1997 (Ned.: *Het einde van de zekerheden: tijd, chaos en de natuurwetten*, Tiel 1996).
- PRIGOGINE, I., STENGERS, I., *Orde uit chaos* (1985), Amsterdam, 1990.
- RAHMSTORF, S., "Ocean circulation and climate during the past 120.000 years", *Nature*, 419, 2002, 207-214.
- RIHANI, S., *Complex Systems Theory and Development Practice*, Londen/New York, 2002.
- SACHS, W., "Environment and Human Rights", *Wuppertal Papers*, (137), november 2003.
- SACHS, W. (ed.), *The Jo'burg Memo*, Heinrig Böll Foundation, 2002 [beschikbaar op www.joburgmemo.org]
- SCHÄR, C., et al., "The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves", *Nature*, 11/1/2004.
- SCHEFFER, M., et al., "Catastrophic shifts in ecosystems", *Nature*, 413, 2001, 591-596.
- STOCKER, T.F., SCHMITTNER, A., "Influence of CO₂ emission rates on the stability of the thermohaline circulation", *Nature*, 388, 862-865, 1997.
- THOMAS, C.D., et al., "Extinction risk from climate change", *Nature*, 427, 2004, 145-148.
- WALLERSTEIN, I., "Een linkse politiek voor de 21e eeuw?", *Vlaams Marxistisch Tijdschrift*, 37 (1), 2003, 79-93.
- WALLERSTEIN, I., *Utopistics: Or, Historical Choices of the Twenty-first Century*, New York, 1998.
- WALLERSTEIN, I., *Open the Social Sciences: Report of the Gulbenkian Commission on the Restructuring of the Social Sciences*, Stanford, 1996 (Ned.: *De sociale wetenschappen openen*, Brussel, 1996)
- WRIGHT, R., *Nonzero, de logica van de menselijke bestemming*, Utrecht, 2000.

NOTEN:

1. Hoewel er enkele minimale verschillen zijn tussen chaostheorie en complexiteitstheorie worden deze termen vaak door elkaar gebruikt.
2. Het mathematiseren van het nadenken over mens en maatschappij is ons inziens een nefaste trend, getuige de economische theorie.
3. In een recente paper in *Nature* werd aangetoond dat: "an event like the summer of 2003 is statistically extremely unlikely, even when the observed warming is taken into account." (Schär, et al., 2004)

4. Iets gelijkaardigs gebeurde reeds meermaals in het verleden. Toen de laatste ijstijd bijna gedaan was (zo'n 13.000 jaar geleden), was de temperatuur in Groenland sterk toegenomen. De Golfstroom schakelde toen plotseling uit, wat leidde tot een intermediaire periode van ongeveer 1.300 jaar van opnieuw ijstijdcondities. Nadien nam de temperatuur opnieuw toe, wat het definitieve einde inluidde van de laatste ijstijd. Deze abrupte klimaatwijzigingen worden gelinkt met reorganisaties van het oceaan-atmosfeer-systeem dat in meervoudige stabiele toestanden kan verkeren (zie Fig. 2).