

# Een groene generatie met energie voor de toekomst!

## Een korte kennismaking met de Algenieurs

*Anne Klok, promovenda*

‘Kleine minifabriekjes die met minimale bronnen (licht, water en wat voedingsstoffen) voor ons maken wat we maar willen... en ze zijn nog heel erg mooi om naar te kijken ook! Fascinatie voor algen heb ik al sinds de laatste jaren van mijn studie en groene vingers heb ik al veel langer, dus daarom heb ik ervoor gekozen te promoveren op onderzoek naar biodiesel uit microalgen. Ik richt me vooral op hoe deze groene fabriekjes van binnen werken, zodat we het maximale uit deze nieuwe techniek kunnen halen.’



*Dorinde Kleinegris, postdoc en teamcaptain Algenieurs*

‘Algen zijn gewoon helemaal toppie en wat is er nou mooier dan andere mensen ook enthousiast maken voor deze kleine wondertjes. Het lijkt mij dan ook prachtig om de nieuwe generatie op een onderhoudende en ludieke wijze kennis te laten maken met algen en dit voorstel legt daarvoor de grondslag.’



*Ellen Slegers, promovenda*

‘Algen zijn fascinerende mini-planten die we gebruiken om allerlei producten van te maken. Ik onderzoek algen voor de productie van biobrandstoffen en andere veelzijdige toepassingen. Ik houd me onder andere bezig met het voorspellen van hoeveel algen we kunnen groeien op verschillende plekken in de wereld. Binnen dit project kan ik het publiek laten zien wat we allemaal met algen kunnen doen!’



*Guido Breuer, promovendus*

‘Algen zijn veelbelovend om bij te dragen aan een duurzame toekomst. Ze kunnen veel verschillende nuttige producten maken. Een bekend voorbeeld is de productie van biobrandstof, maar algen kunnen nog veel meer. Zelf doe ik bijvoorbeeld onderzoek naar hoe algen gebruikt kunnen worden als alternatieve bron van eetbare oliën. Tijdens de productie van al deze nuttige producten nemen algen ook nog eens CO<sub>2</sub> op uit de lucht. Ik denk dat algen het verdienen om in het zonnetje gezet te worden.’



*Ilse Remmers, MSc student*

‘Hallo! Ik ben Ilse, een student Biotechnologie. Gedurende mijn gehele studie ben ik al erg bewust bezig geweest met het werken aan een ‘biobased’ economie. Ik ben ervan overtuigd dat de huidige wetenschap al ver gekomen is, maar er zeker nog veel te behalen valt op dit gebied. 1 jaar geleden werd ik geïntroduceerd in de wondere wereld van het algen kweken, en ben hier gelijk enthousiast voor geworden. Algen zullen ons een boel te bieden hebben in de toekomst, misschien is er naast biodiesel ook wel een mogelijkheid om een nieuwe soort antibiotica door planten te laten maken?’





*Lenneke de Winter, promovenda*

'Elke dag komt de zon op. Dit hoeft niet voor niets te zijn. Met behulp van algen kunnen wij de enorme hoeveelheid beschikbare zonne-energie nuttig gebruiken. Dat vind ik mooi. In mijn werk zoek ik daarom naar een manier om zo efficiënt mogelijk met deze energie om te gaan. Ik hoop ook anderen hier enthousiast voor te kunnen maken en zie daarvoor in dit project de ideale kans.'

*Maria Barbosa, senior onderzoeker*

'Zon is de energie van de toekomst; microalgen zijn bijzonder; ik ben super enthousiast en samen hebben wij de kracht om veranderingen te creëren naar een duurzame maatschappij. Het ontwikkelen en opzetten van een industrieel proces met deze fascinerende fotosynthetische micro-organismen, die zo klein zijn en die zo veel kunnen, heeft een nieuwe generatie met interesse, enthousiasme en kennis over microalgen nodig. Ik wil de interesse en het enthousiasme creëren, mijn kennis delen en daarna samen naar de toekomst kijken met een glimlach op het gezicht en de gedachte dat wij op algenbiobrandstof kunnen rijden of vliegen.'



*Marjon van Es, promovenda*

'Hallo ik ben Marjon en voor degenen die mij nog niet kennen: ik hou zeer van uitdagingen en enthousiasme en communiceren. Geen wonder dat microalgen mijn aandacht hebben getrokken! Want in een 'biobased' economie hebben algen veel te bieden voor onze maatschappij, een belangrijke boodschap die weids gecommuniceerd moet worden! Ook zijn er nog grote uitdagingen op te lossen voordat algen grootschalig als duurzame vervanging van fossiele grondstoffen ingezet kunnen worden. Waarvoor ik mij beide graag met veel enthousiasme inzet!'



*Mathieu Streefland, universitair docent*

'Aardolie is gemaakt met de zon van het verleden. Wat doen we met de zon van de toekomst? Algen zijn de meest efficiënte fotosynthese fabrieken die er zijn en kunnen al dat zonlicht omzetten in alle denkbare grondstoffen waar we nu nog aardolie voor nodig hebben. De technologie hiervoor is nog niet klaar, maar daar werken we hard aan. Op deze manier wordt onze toekomst ook echt zonnig!'

*Nick Kosterink, BSc student*

'Hoi! Ik ben Nick Kosterink, tweedejaarsstudent Biotechnologie. In het afgelopen jaar heb ik aan allerlei aspecten van de biotechnologie gewerkt. Ik vind het een grote uitdaging om aan dit project mee te werken, om zo meer over algen en de biobased economie te weten te komen. Die kennis kan ik dan toepassen bij het maken van de website.'





*Packo Lamers, postdoc*

'Nieuwsgierigheid is de drijvende kracht achter mijn werk met microalgen. Zo ben ik bijvoorbeeld ontzettend nieuwsgierig naar hoe onze wereld er over 10 à 15 jaar uitziet. Rijden we dan op algenbrandstof? Gebruiken we enkel nog natuurlijke kleurstoffen? En bouwen we huizen met behulp van biocement? In ons laboratorium werk ik met veel enthousiasme aan biotechnologische oplossingen voor deze vraagstukken. Door de resultaten hiervan bij een breed publiek bekend te maken, hoop ik mijn steentje bij te dragen aan de ontwikkeling van de biobased economie.'

*Peter van Beveren, MSc student*

'Ik heb net mijn scriptie over algenproductie in buizen afgerond. Als agrotechnoloog waren algen voor mij, naast dat je er wel eens iets over in het nieuws hoort, geheel nieuw. Algen blijken voor bijzonder veel toepassingen geschikt. Met het model dat ik tijdens mijn scriptie heb gemaakt kunnen we voorspellen hoeveel algen er worden geproduceerd onder bepaalde omstandigheden. Daarnaast wil ik me graag inzetten om de fun van bètawetenschappen te laten zien aan anderen.'



*René Wijffels, hoogleraar*



'De kortste route van zonlicht naar biobrandstof verloopt via algen. Omdat die route het kortste is kan die ook het snelste zijn. Mijn ideaalbeeld is dat uit biomassa, zon, CO<sub>2</sub> en zeewater direct biodiesel gemaakt kan worden zonder gebruik te maken van dure meststoffen als fosfaat en stikstof: melken van algen. Zover is het echter nog niet. Veel technologie moet ontwikkeld worden om dat te realiseren. Ons team werkt daar met heel veel plezier aan. Maar veel meer creatieve mensen zijn nodig om onze huidige economie die op fossiele grondstoffen draait te veranderen in een biobased economie. We hebben een groene generatie nodig met energie voor de toekomst.'

## Wetenschappelijke achtergrond

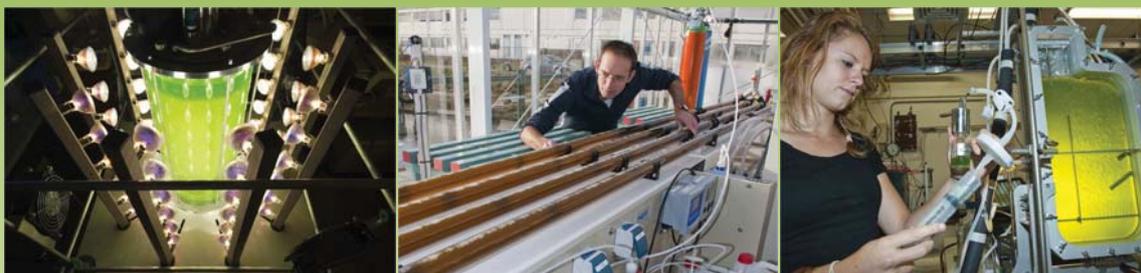
### Groen licht voor de biobased economie

De toenemende welvaart en omvang van de wereldbevolking leggen een enorme druk op onze samenleving. Onze natuurlijke grondstoffen zullen steeds duurder worden of zelfs op raken. Dit geldt niet alleen voor de fossiele brandstoffen, maar ook voor grondstoffen als zoet water en belangrijke mineralen als fosfaat. Het wordt daarom steeds belangrijker om producten te ontwikkelen waarvoor geen gebruik wordt gemaakt van dergelijke grondstoffen, maar juist van afvalstoffen en hernieuwbare bronnen. Een economie die op dit principe is gebaseerd, noemen we de 'biobased economie'. Hierin vervaardigen bedrijven op maatschappelijk verantwoorde en duurzame wijze non-food toepassingen uit biologische grondstoffen (biomassa). Het gaat hierbij om producten als transportbrandstoffen, chemicaliën (zowel bulk- als fijnchemicaliën), materialen en energie (elektriciteit en warmte).

#### Box 1: Onderzoek algen Wageningen UR sinds 1998

In 1998 zijn we begonnen met onderzoek aan microalgen binnen Wageningen UR. In eerste instantie middels financiering van NWO (Chemische Wetenschappen) binnen een talentprogramma en later ook via SenterNOVEM (nu Agentschap nl) en EU programma's. In 2005 heeft René Wijffels een VICI beurs van NWO op dit gebied gehonoreerd gekregen (Photosynthetic Cell Factories). Wij doen onderzoek aan algentechnologie binnen het technologisch top instituut water WETSUS en Biosolar Cells en hebben een pilotplantfaciliteit AlgaePARC. Ons onderzoeksteam is een van de leidende academische groepen wereldwijd en heeft een groot netwerk met de industrie.

Omdat microalgen sinds 2007 een sterke maatschappelijke en industriële belangstelling genoot en door de expertise die op dat moment bij Wageningen UR opgebouwd was, is binnen enkele jaren veel onderzoek aan microalgen gestart. Uitgangspunt hierbij was dat het fundamenteel onderzoek in een open innovatietraject diende te zijn alvorens we een sterke koppeling met vertrouwelijk onderzoek wilden maken met een of enkele industriële partijen. Wij hebben ervoor gekozen een sterk multidisciplinaire aanpak te volgen.



*Wageningen UR doet al meer dan 10 jaar onderzoek aan microalgen!*

### Waarom algen?

Grote oliebedrijven als ExxonMobil investeren miljoenen in onderzoek naar biodieselp productie met microalgen. Er zijn reeds proefvluchten uitgevoerd op algenbiodiesel door Continental Airlines. Microalgen staan in de belangstelling als grondstof voor transportbrandstoffen, maar wat zijn microalgen eigenlijk? Zijn algen echt zo interessant als gedacht wordt? Waarom wordt gedacht dat

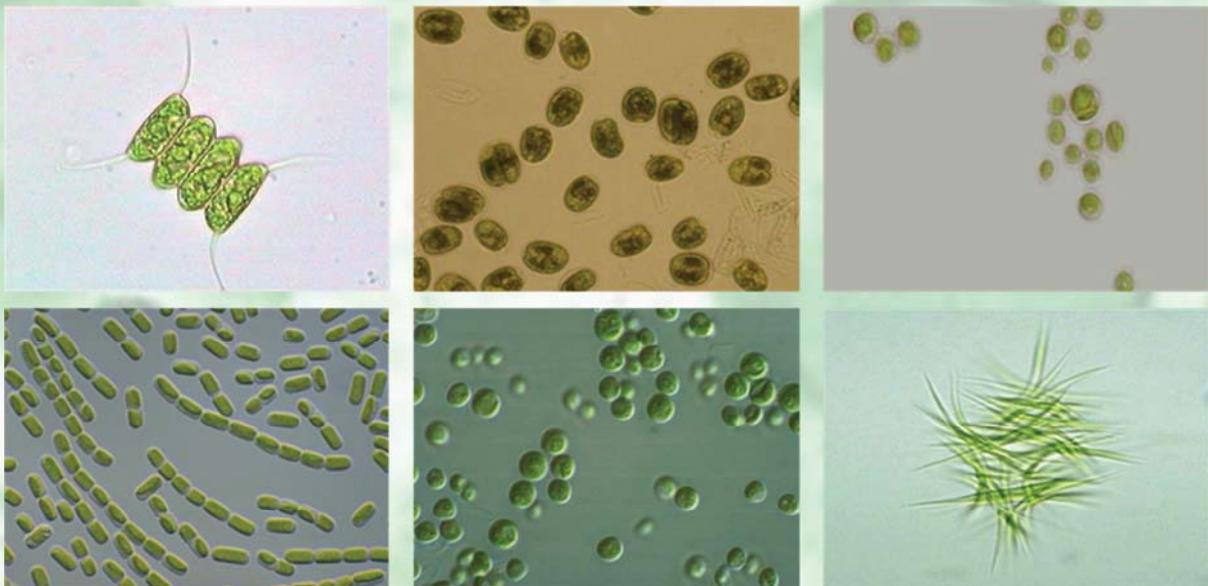
wij binnenkort kunnen vliegen op kerosine geproduceerd door algen? Algen zijn veelbelovend als grondstof voor biodiesel, maar wat moet er gebeuren om dat over 10 jaar werkelijkheid te laten zijn?

### Wat zijn algen?

Algen zijn eencellige fotosynthetische organismen (Figuur 1). Zij hebben gemeen met planten dat ze op dezelfde manier fotosynthese doen en ze verschillen van planten doordat ze klein zijn. Ze hebben geen hout of wortels. Om die reden is de opbrengst van algen in de praktijk op het ingebrachte licht veel hoger dan in planten. De hoeveelheid algen die geproduceerd kan worden hangt af van de hoeveelheid zonneschijn. Algen en planten kunnen maximaal 9% van de energie van zon omzetten in energie in biomassa. In de praktijk is dat lager. In de beste productiesystemen voor algen is dit ongeveer 5%. In Nederland is het mogelijk op deze manier 80 ton biomassa per hectare per jaar te produceren en de maximale productie kan bereikt worden in de Sahara met 240 ton per hectare per jaar. Hierbij dienen we wel rekening te houden met het feit dat niet alleen licht nodig is om biomassa te produceren, maar tevens water, voedingsstoffen en CO<sub>2</sub>. Algen kunnen ook groeien op zout water.

### Biodiesel geproduceerd door algen

Microalgen zijn in staat grote hoeveelheden olie op te hopen. De meeste aandacht gaat uit naar algen die vet produceren. De concentratie aan opgehoopt vet varieert tussen 20 en 60%. Momenteel is er nauwelijks ervaring met het produceren van vetten in algen en daarom is het lastig een inschatting te maken wat de productiviteit aan olie zou kunnen zijn, maar geschat wordt dat met algen 20,000 tot 80,000 liter olie per hectare per jaar geproduceerd kan worden. Dit is aanzienlijk meer dan de productiviteit aan olie in bestaande energiegewassen. Palmolie en raapzaadolie worden geproduceerd met een productiviteit van respectievelijk 6,000 en 1,500 liter per hectare per jaar.



*Figuur 1: Een aantal voorbeelden van olie-ophopende algen*

## Haalbaarheid

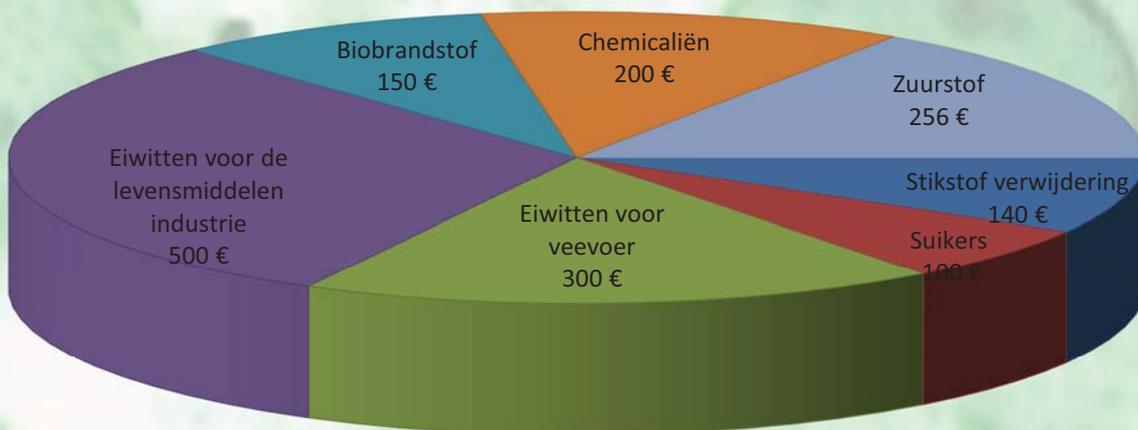
Wij hebben een haalbaarheidsstudie uitgevoerd waarbij op papier grootschalige productiesystemen ontworpen zijn op basis van de huidige stand van de techniek en aan de hand daarvan is een kostprijs van productie berekend. De kostprijs van productie op grote schaal die hier uit kwam was in alle ontworpen systemen ongeveer 5 €/kg biomassa. Dat is best laag als dit vergeleken wordt met de huidige marktprijzen van algen, maar veel te hoog om van algen een brandstof te maken. Door het systeem te optimaliseren (bijvoorbeeld door voedingsstoffen te hergebruiken, de productiviteit te verhogen, het oogsten te verbeteren of te produceren in een zonniger land dan Nederland) kan een reductie in kostprijs van 90% bereikt worden. Voor een productieprijs van minder dan 0.50 €/kg biomassa is het haalbaar biobrandstoffen uit algen te maken als ook andere ingrediënten van biomassa gebruikt worden (bioraffinage).

### Box 2: Enkele belangrijke publicaties van onze groep over algen in de biobased economie

De uitkomsten van deze haalbaarheidsstudie staan beschreven in het artikel 'Microalgal production – A close look at the economics' van Norsker et al. in *Biotechnology Advances* (2011). Bovendien was het de bron voor verscheidene andere artikelen van onze groep over algen en biofuels, zoals het artikel 'Microalgae for the production of bulk chemicals and biofuels' van Wijffels et al. (2010) in *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* en het Science paper 'An outlook on microalgal biofuels' van Wijffels en Barbosa in 2010. Verdere informatie over relevante publicaties staat in bijlage 1.

## Bioraffinage

Indien algen geproduceerd worden voor een prijs van 0.50 € is het nog steeds financieel niet rendabel algen voor alleen bioenergie te produceren. We dienen in dat geval gebruik te maken van de totale waarde van de biomassa en biomassa te fractioneren in verschillende componenten; ieder met een bepaalde waarde. Als voorbeeld gaan we uit van biomassa bestaande uit 40% olie, 50% eiwit en 10% suikers (Figuur 2).



**Figuur 2:** De waarde van 1,000 kg biomassa na bioraffinage

In dit voorbeeld wordt een deel van de olie wordt gebruikt om biobrandstoffen te maken en een deel als grondstof voor de chemische industrie; een deel van de eiwitten is water-oplosbaar (niet groen) en kan gebruikt worden in levensmiddelen in plaats van soja-eiwit en een deel in veevoer; de

suikers hebben vele toepassingen; als restproduct wordt een zuurstofrijk gas geproduceerd (veel meer zuurstof dan in lucht) dat ook een waarde vertegenwoordigt en we zijn in staat nutriënten uit reststromen te verwijderen. De totale waarde van de biomassa is op die manier 1.65 €/kg en de kostprijs van productie 0.50 €. Dat betekent dat het in principe de moeite waard is om algen te produceren voor een combinatie van producten waarvan een van de producten biobrandstof is (natuurlijk zijn er ook kosten verbonden aan de bioraffinage).

### Voeding of brandstoffen?

Biobrandstoffen staan sterk ter discussie wat betreft duurzaamheid, de negatieve impact op de biodiversiteit en de competitie met voedselgewassen.

Stel dat alle transportbrandstoffen in Europa (0.4 miljard m<sup>3</sup>) vervangen worden door algenolie. Wij zouden dan, aannemende dat de productiviteit 40,000 liter olie per hectare per jaar is, een oppervlakte nodig hebben van 9.25 miljoen hectare (dit is ongeveer het oppervlak van een land als Portugal). Dat is weliswaar een groot oppervlak, maar het past ruim binnen Europa (en wij kunnen zelfvoorzienend zijn). Als bijproduct wordt dan 0.3 miljard ton eiwit geproduceerd. Dit is 40x de hoeveelheid die Europa als soja-eiwit momenteel invoert. Met andere woorden: we kunnen middels algen zowel brandstoffen als voedsel produceren.

Voor de productie van 1 liter biobrandstof met behulp van energiegewassen is 6,000 liter zoet water nodig. Doordat algen gekweekt kunnen worden op zout water is (als we het goed doen) de zoet waterbehoefte veel lager: 1.5 liter per liter olie.

Voor de groei van een dergelijke hoeveelheid algen is 1.3 miljard ton CO<sub>2</sub> nodig (Europa produceert 3.9 miljard ton CO<sub>2</sub>) en 25 miljoen ton stikstof (Europa produceert 8 miljoen ton stikstof in afvalwater en mest).

Bovenstaande getallen laten zien dat het kweken van algen niet ten koste hoeft te gaan van de voedselproductie en substantieel bij kan dragen aan de verduurzaming van onze economie.

### AlgaePARC

AlgaePARC (Figuur 3) is een nieuw project op het gebied van toepassingsgericht algenonderzoek. Doelstelling van AlgaePARC is fundamenteel onderzoek te vertalen naar de praktijk. Het bestaat uit faciliteiten op pilot schaal om verschillende technologieën met elkaar te kunnen vergelijken en te verbeteren zodat duurzame en economisch haalbare productietechnologie wordt ontwikkeld.



**Figuur 3:** AlgaePARC

## Wanneer rijden en vliegen we op algen?

Over 10 jaar rijden en vliegen wij op algen. Om algen echt interessant te maken als een grondstof voor biobrandstoffen moet de kostprijs van productie gereduceerd worden en de schaal waarop productie plaats vindt groeien. Wij geloven dat dat technisch mogelijk is, maar grote inspanningen zullen nodig zijn om dit te realiseren en de verwachting is dat het 10 jaar duurt voordat de technologie echt commercieel zal zijn.

## Bijlage 1 Literatuurlijst

Op het gebied van algenonderzoek zijn er ruim 50 publicaties in peer-reviewed tijdschriften gepubliceerd door de Bioprocess Engineering groep onder leiding van René Wijffels en bij Food & Biobased Research van Wageningen UR. Een overzicht van de belangrijkste artikelen van de afgelopen drie jaar staan hieronder genoemd.

Vanzelfsprekend levert al het onderzoek dat naar algen gedaan is en wordt aan Wageningen UR een bijdrage aan de basis voor dit communicatieplan. Van de drie artikelen genoemd in box 2 die specifiek op algen in de biobased economie gericht zijn, zijn de samenvattingen ook in de onderstaande lijst opgenomen.

- Kleinegris DMM, Janssen MGJ, Brandenburg WA, Wijffels RH (2011) Continuous production of carotenoids from *Dunaliella salina*. *Enzyme and Microbial Technology* 48:253 - 259.
- Kleinegris DMM, Es M van, Janssen MGJ, Brandenburg WA, Wijffels RH (2011) Phase toxicity of dodecane on the microalga *Dunaliella salina* (Online first) *Journal of Applied Phycology*.
- Norsker NH, Barbosa MJ, Vermuë MH, Wijffels RH (2011) Microalgal production - A close look at the economics. *Biotechnology Advances* 29:24 - 27.  
*Abstract: Worldwide, microalgal biofuel production is being investigated. It is strongly debated which type of production technology is the most adequate. Microalgal biomass production costs were calculated for 3 different micro algal production systems operating at commercial scale today: open ponds, horizontal tubular photobioreactors and flat panel photobioreactors. For the 3 systems, resulting biomass production costs including dewatering, were 4.95, 4.15 and 5.96 € per kg, respectively. The important cost factors are irradiation conditions, mixing, photosynthetic efficiency of systems, medium- and carbon dioxide costs. Optimizing production with respect to these factors, a price of € 0.68 per kg resulted. At this cost level microalgae become a promising feedstock for biodiesel and bulk chemicals.*
- Bosma R, Vermuë MH, Tramper J, Wijffels RH (2010) Towards increased microalgal productivity in photobioreactors. *International Sugar Journal* 112:74 - 85.
- Kleinegris DMM, Es MA van, Janssen MGJ, Brandenburg WA, Wijffels RH (2010) Carotenoid fluorescence in *Dunaliella salina*. *Journal of Applied Phycology* 22:645 - 649.
- Kliphuis AMJ, Winter L de, Vejrazka CV, Martens DE, Janssen MGJ, Wijffels RH (2010) Photosynthetic efficiency of *Chlorella sorokiniana* in a turbulently mixed short light-path photobioreactor. *Biotechnology Progress* 26:687 - 696.
- Lamers PP, Laak CW, Kaasenbrood PS, Lorier J, Janssen MGJ, Vos CH de, Bino RJ, Wijffels RH (2010) Carotenoid and fatty acid metabolism in light-stressed *Dunaliella salina*. *Biotechnology and Bioengineering* 106:638 - 648.
- Michels MHA, Goot AJ van der, Norsker NH, Wijffels RH (2010) Effects of shear stress on the microalgae *Chaetoceros muelleri*. *Bioprocess and Biosystems Engineering* 33:921 - 927.
- Norsker NH, Barbosa MJ, Wijffels RH (2010) Microalgal biotechnology in the production of nutraceuticals. In: *Biotechnology in Functional Foods and Nutraceuticals* / Bagchi D, Lau FC, Ghosh DK, CRC Press.

- Querellou J, Børresen T, Boyen C, Dobson A, Höfle M, Ianora A, Jaspars M, Kijjoo A, Olafsen J, Rigos G, Wijffels RH (2010) Marine Biotechnology: A New Vision and Strategy for Europe. Beernem, Belgium : Drukkerij De Windroos NV.
- Salim S, Vermuë MH, Wijffels RH (2010) Harvesting of microalgae by bio-flocculation (Online first) Journal of Applied Phycology .
- Wijffels RH, Barbosa MJ (2010) An Outlook on Microalgal Biofuels. Science 329:796 - 799.  
*Abstract: Microalgae are considered one of the most promising feedstocks for biofuels. The productivity of these photosynthetic microorganisms in converting carbon dioxide into carbon-rich lipids, only a step or two away from biodiesel, greatly exceeds that of agricultural oleaginous crops, without competing for arable land. Worldwide, research and demonstration programs are being carried out to develop the technology needed to expand algal lipid production from a craft to a major industrial process. Although microalgae are not yet produced at large scale for bulk applications, recent advances — particularly in the methods of systems biology, genetic engineering, and biorefining—present opportunities to develop this process in a sustainable and economical way within the next 10 to 15 years.*
- Wijffels RH, Barbosa MJ, Eppink MHM (2010) Microalgae for the production of bulk chemicals and biofuels. Biofuels Bioproducts and Biorefining 4:287 - 295.  
*Abstract: The feasibility of microalgae production for biodiesel was discussed. Although algae are not yet produced at large scale for bulk applications, there are opportunities to develop this process in a sustainable way. It remains unlikely, however, that the process will be developed for biodiesel as the only end product from microalgae. In order to develop a more sustainable and economically feasible process, all biomass components (e.g. proteins, lipids, carbohydrates) should be used and therefore biorefining of microalgae is very important for the selective separation and use of the functional biomass components. If biorefining of microalgae is applied, lipids should be fractionated into lipids for biodiesel, lipids as a feedstock for the chemical industry and w-3 fatty acids, proteins and carbohydrates for food, feed and bulk chemicals, and the oxygen produced should be recovered also. If, in addition, production of algae is done on residual nutrient feedstocks and CO<sub>2</sub>, and production of microalgae is done on a large scale against low production costs, production of bulk chemicals and fuels from microalgae will become economically feasible. In order to obtain that, a number of bottlenecks need to be removed and a multidisciplinary approach in which systems biology, metabolic modelling, strain development, photobioreactor design and operation, scale-up, biorefining, integrated production chain, and the whole system design (including logistics) should be addressed.*
- Zijffers JF, Schippers KJ, Ke Zheng, Janssen MGJ, Tramper J, Wijffels RH (2010) Maximum photosynthetic yield of green microalgae in photobioreactors. Marine Biotechnology 12: 708 - 718.
- Cuaresma M, Janssen MGJ, Vilchez C, Wijffels RH (2009) Productivity of *Chlorella sorokiniana* in a short light-path (SLP) panel photobioreactor under high irradiance. Biotechnology and Bioengineering 104:352 - 359.
- Hoekema S, Breukelen FR van, Janssen MGJ, Tramper J, Wijffels RH (2009) Exploration of the hydrogen producing potential of *Rhodobacter capsulatus* chemostat cultures: The application of deceleration-stat and gradient-stat methodology. Biotechnology Progress 25:1343 - 1352.
- Kleinegris DMM, Janssen MGJ, Brandenburg WA, Wijffels RH (2009) The Selectivity of Milking of *Dunaliella salina*. Marine Biotechnology 12:14 - 23.
- Wijffels RH, Barbosa MJ, Janssen MGJ (2009) Cultivation of *Dunaliella* for High-Value Compounds. In: The Alga *Dunaliella* / Ben-Amotz A, Polle JEW, Rao DVS - Science Publishers (USA).