

Overzicht van organisaties die zich bezighouden met (toepassing van) algenteelt

Eindrapport, dd. 05-02-2009

Maarten van der Zee
René Wijffels
Maria Barbosa

Rapport 1014

Colofon

Titel	Overzicht van organisaties die zich bezighouden met (toepassing van) algenteelt
Auteur(s)	Dr.ir. M. van der Zee, Prof.dr.ir. R.H. Wijffels, Mw.dr. M.J. Barbosa
AFSG nummer	1014
ISBN-nummer	n.v.t.
Publicatiedatum	5 februari 2009
Vertrouwelijk	Ja
OPD-code	BO-03-005-008 / projectnr: 6222034800
Goedgekeurd door	Dr. ir. A. van der Bent

Agrotechnology and Food Sciences Group
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: info.afsg@wur.nl
Internet: www.afsg.wur.nl

© Agrotechnology and Food Innovations b.v.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Agrotechnology and Food Innovations b.v. is gecertificeerd door SGS International Certification Services EESV op basis van ISO 9001:2000.

Inhoudsopgave

1 Inleiding	4
1.1 Kennisvraag Ontwikkelingsperspectieven voor algenteelt	5
1.2 Doel van dit rapport	5
1.3 Leeswijzer	5
2 Overzicht van organisaties die zich bezig houden met (toepassing van) algenteelt	6
2.1 Nederlandse organisaties en organisaties met activiteiten in Nederland	6
2.2 Buitenlandse organisaties	13
3 Projecten op het gebied van (toepassing van) algenteelt	24
3.1 Lopende grote projecten met Nederlandse participatie (> 1 M€)	24
3.2 Lopende middelgrote projecten met Nederlandse participatie (100 k€ - 1 M€)	26
3.3 Lopende kleine projecten in Nederland (< 100 k€)	30
3.4 Initiatieven om tot een project te komen	32
4 Conclusies	34
4.1 Marktpotentieel voor algenteelt	34
4.2 Positie Nederland	36
4.3 Advies voor de korte termijn	37
4.4 Advies voor de lange termijn	38
Bijlage 1 Omschrijving van de kennisvraag	39

1 Inleiding

De aandacht voor algen als feedstock voor aquacultuur, grondstof voor de chemische industrie en als energiedrager is groeiende. Met behulp van algen kunnen vetten, eiwitten en suikers geproduceerd worden. De productiviteit van biomassa uit algen is groter dan die van traditionele landbouwgewassen. Bovendien is het mogelijk algen te produceren op zout water. Om die reden is het mogelijk algen te produceren zonder concurrerend te zijn met voedingsgewassen om landbouwgrond.

Algen worden verdeeld in twee hoofdgroepen: de macroalgen (ook wel zeevieren genoemd) en de microalgen. Commerciële teelt van zeewier wordt al lange tijd gedaan, met name in Azië. Er worden wereldwijd ongeveer 200 soorten zeewier gebruikt, waarvan er ca. 10 intensief geteeld worden. Recentelijk is er ook in Nederland meer aandacht voor de mogelijkheden van zeewierteelt op zee, bijv. gebruikmakend van de infrastructuur van offshore windparken. Microalgen zijn microscopisch kleine plantachtige organismen. Hun fotosynthetisch systeem is vergelijkbaar met dat van landplanten, maar vanwege hun eenvoudige celstructuur (geen wortels, stengels, bladeren) en eenvoudige toegang tot water, CO₂ en andere nutriënten, zijn ze over het algemeen efficiënter in het omzetten van zonne-energie in biomassa.

De teelt van algen is in eerste instantie in opgang gekomen voor de productie van hoogwaardige grondstoffen zoals supplementen voor food en feed (nutraceuticals) en cosmetica. De inhoudswaarde van de te produceren biomassa was hoger dan 100 € per kg droge stof. Het totale marktvolume aan microalgen bedraagt momenteel 2 miljard € per jaar en aan zeewier 8 miljard € per jaar. Sinds een aantal jaar is de aandacht verschoven naar productie van bulkchemicaliën. In tabel 1 is een overzicht gegeven van de potentiële marktvolumina in de verschillende marktsegmenten.

Tabel 1: Potentiële marktvolumina van verschillende interessante marktsegmenten voor microalgen

Toepassingen	Prijs/kg biomassa (droge stof)	Marktvolume
Nutraceuticals (menselijke consumptie)	100 €	60 miljoen €
Nutraceuticals (dier- en visvoeding)	5 – 20 €	3-4 miljard €
Bulkchemicaliën	1-5 €	> 50 miljard €
Energie	< 0,40 €	> 1 triljard €

Doordat de aandacht verschoven is van hoogwaardige toepassingen naar bulktoepassingen, is de technologievraag verschoven naar productie op veel grotere schaal tegen veel lagere kostprijs.

1.1 Kennisvraag Ontwikkelingsperspectieven voor algenteelt

Afgelopen periode zijn diverse vragen bij het interdepartementale koploperloket binnengekomen omtrent algenteelt. Tevens is dit een onderwerp wat leeft bij beleidsmedewerkers die zich bezighouden met *biobased economy*. In de beleidsnotitie Duurzame Agro-innovatie worden ‘nieuwe agro-productiesystemen voor inhoudsstoffen en energie’ (waaronder de algenteelt) gezien als kansrijke perspectieven. Vanwege het brede scala aan initiatieven en mogelijkheden, bleek er bij het ministerie van LNV behoefte aan een overzicht van de stand van zaken van de wetenschappelijke en toepasbare kennis op het gebied van algenteelt. In dat kader is door Jo Voet (koploperloket IPE) en Aad van Winden (ministerie LNV) aan Wageningen UR gevraagd om een inventariserend document op te stellen op basis waarvan beleidsmakers (beter) in staat zijn om te besluiten over de inzet van kennismiddelen ten behoeve van perspectiefvolle algenteelt (zie Bijlage 1).

Nadat eind september 2008 overeenstemming was bereikt over de op te leveren informatie, is in dit kader op 6 oktober 2008 een eerste (nog niet volledig uitgewerkte) versie van het rapport “Ontwikkelingsperspectieven voor de algenteelt” opgestuurd. Na bespreking hiervan met diverse personen binnen het ministerie LNV, is de focus van de kennisvraag verlegd en is Wageningen UR gevraagd om de inventarisatie met name te richten op een overzicht van alle activiteiten en bedrijfsplannen betreffende algen die nationaal en internationaal gaande zijn c.q. gemaakt worden (zie Bijlage 1).

1.2 Doel van dit rapport

Het voorliggende rapport heeft tot doel een overzicht te geven van de voor Nederland belangrijkste activiteiten en bedrijfsplannen betreffende algen die nationaal en internationaal gaande zijn c.q. gemaakt worden. Met nadruk wordt gesteld dat het overzicht uitsluitend openbare informatie bevat. Daarbij beperkt dit overzicht zich tot de teelt van microalgen.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van organisaties die zich bezig houden met (toepassing van) algenteelt, onderverdeeld in Nederlandse (of in Nederland opererende) en buitenlandse organisaties. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van projecten met Nederlandse inbreng op het gebied van (toepassing van) algenteelt. De projecten zijn gerangschikt in lopende grote, middelgrote, en kleine projecten, en in het oog springende initiatieven om tot een project te komen. Tot slot geeft Hoofdstuk 4 een paar algemene conclusies en aanbevelingen voor de korte en lange termijn.

2 Overzicht van organisaties die zich bezig houden met (toepassing van) algenteelt

2.1 Nederlandse organisaties en organisaties met activiteiten in Nederland

<i>Organisatie</i>	<i>Product</i>	<i>Activiteit</i>
Agrotechnology & Food Innovation (A&F) (zie Wageningen UR – A&F)		
AKZO Nobel www.akzonobel.nl contactpersoon: Hans Feenstra	Chemische producten, o.a. coatings	AKZO NOBEL is een multinational bedrijf in Chemische industrie. Het heeft twee 1.000 m ² open vijvers (raceway ponds) gekoppeld aan de installatie in Delfzijl. Die worden gebruikt om test condities en teeltmethoden uit te proberen in een industriële omgeving. Toepassing van de algen is gericht op gebruik van vetzuren, eiwitten en koolhydraten in de chemische industrie – bijv. grondstof voor coatings (zie ook WETSUS en Algicoat)
Algaelink www.algaelink.com contactpersoon: Peter van Dorpel	fotobioreactoren voor algenteelt	Algaelink produceert en ontwikkelt fotobioreactoren voor de algenteelt. De status van het bedrijf is onduidelijk na bekend worden van het faillissement van Bioking Holding BV, het bedrijf waar Algaelink onder valt. Bioking was de biodieseltak en Algaelink commercialiseerde de algenproductie. De oprichters, de familie van der Ven zijn uit het bedrijf gezet en hebben een nieuwe organisatie opgezet, Algaelink.org. Het Nederlandse Algaelink heeft nieuwe investeerders en denkt na over nieuwe opzet en nieuwe technologie.
Alcomm contactpersoon: Gilbert Curtesi	algen (in ontwikkeling)	De initiatiefnemers van garnalenkweker Happy Shrimp zijn van plan binnenkort ook algen te kweken t.b.v. de productie van biobrandstoffen. Zij schreven hiertoe een quick scan voor de positionering van AlComm in de Port of Rotterdam Industrial Complex.
Aquaphyto www.aquaphyto.nl contactpersoon: Hans Reith, Robert Baard	farmaceutische producten en food en feed supplementen	Aquaphyto kweekt algen in een open vijver (raceway pond) te Zeewolde op een schaal van 3.000 m ² . Het produceert farmaceutische producten en food en feed supplementen. Het onderzoekt nu ook of er biobrandstoffen uit gemaakt kunnen worden. In het bedrijf participeert ook de heer Paul Hamm (voorzitter van het platform groene grondstoffen). Het Japanse bedrijf Teijin heeft kenbaar gemaakt in Aquaphyto te investeren.

Organisatie	Product	Activiteit
BioSoil www.biosoil.com contactpersoon: Arnout van Diem	bodemsaneringen	BioSoil is een aannemer van bodemsaneringen met specialisatie in de biologische afbraak van bodemverontreinigingen (in-situ en on-site). Het heeft een bioreactor voor algenteelt ontwikkeld en is die aan het uitproberen bij het melkveebedrijf Kelstein te Hallum, waar het gekoppeld is aan een mestvergistingsinstallatie.
Delta www.delta.nl contactpersoon: Jan Maas	elektriciteit en biodiesel	Delta is een energiebedrijf dat geïnteresseerd is in de kweek van algen om die als biomassa te verstoken in energiecentrales. Het bedrijf is mede-eigenaar van een biodieselfabriek.
DHV www.dhv.nl contactpersoon: ?	advies	DHV is een ingenieursbureau, o.a. actief op het gebied milieu en duurzaamheid. Het heeft in oktober 2007 een prijs gewonnen die de waddenvereniging heeft uitgeschreven over 'nuttig gebruik van koelwater'. DHV noemt haar idee: TRIDEA, dat staat voor Toepassing van Restwarmte voor Innovaties in Drinkwatervoorziening Emissieafname en Algenproductie. TRIDEA is gebaseerd op het idee om de restwarmte van energiecentrales eerst te gebruiken voor de kweek van algen. Het Innovatienetwerk van het ministerie van LNV heeft DHV gevraagd om samen met een algenkweker en een onderzoeksinstituut mee te denken in de ontwikkeling van een pilot-plant. Voor de provincie Groningen is DHV bezig met een notitie over alternatieve inrichting van het agrarisch gebied in Groningen. Tridea vormt hier een onderdeel van. Een aantal bedrijven met koelwaterlozingen heeft DHV gevraagd mee te denken over de technische haalbaarheid van een algenkwekerij bij hun fabriek.
DLV Plant www.dlvplant.nl contactpersoon: Rob Korten, Peter Hoogenboom	advies	DLV Plant is een adviesbureau voor de plantaardige sector. Het adviseert de heren Zijlstra bij hun initiatief tot het kweken van algen bij een melkveebedrijf in Hallum, en is bezig met andere projecten (bij agrobédrijven).
ECN, Energieonderzoek Centrum www.ecn.nl contactpersoon: Hans Reith, Jip Lenstra	onderzoek	ECN is een onderzoeksinstituut op energiegebied. Met betrekking tot algentechnologie heeft het met name expertise op gebied van systeemmodellen van algenteelt en verwerking t.b.v. energie
Ecofys Netherlands bv www.ecofys.nl contactpersoon: Carlo Hamelinck	onderzoek	Ecofys is een onderzoek- en adviesbureau voor energiebesparing en duurzame energietoepassingen. Het heeft diverse marktstudies, Due diligence, en Life Cycle Assessment (LCA) uitgevoerd o het gebied van algen.

Organisatie	Product	Activiteit
Essent www.essent.nl contactpersoon: Jan de Jong	elektriciteit	Essent is een energiebedrijf dat zich bezighoudt met de productie, handel, verkoop en de levering van energie. Essent participeert in diverse projecten op het gebied van algenteelt vanwege haar interesse in het gebruik van CO ₂ uit rookgassen van centrales en de mogelijke inzet van algen als biomassa en biobrandstof.
Greenfuelsystems www.greenfuelsystems.nl contactpersonen: Dick Bont & Jan Dekker	biobrandstofinstallaties	Greenfuelsystems is een Nederlands bedrijf dat installaties levert voor biobrandstoffen. Greenfuelsystems doet sinds begin 2007 ook onderzoek naar de goed werkende algen systemen in europa en de verenigde staten, en biedt consultancy advies op het gebied van algen reactors, en tweede generatie biobrandstofinstallaties.
Happy Shrimp Farm www.happyshrimp.nl contactpersoon: Gilbert Curtesi	algen (voor bijv. visvoer en biobrandstoffen) (in ontwikkeling)	De Happy Shrimp Farm produceert tropische garnalen in Rotterdam door gebruik te maken van de restwarmte van de energiecentrale EON Benelux De initiatiefnemers van Happy Shrimp Farm willen algen gaan kweken als voer voor de garnalenteelt en mogelijk ook voor bio-energie toepassingen (zie Allcom).
IMARES (zie Wageningen UR - IMARES)		
Ingrepro www.ingrepro.nl contactpersoon: Carel Callenbach	ingrediënten en producten van algen	Ingrepro staat voor ingrediënten en producten. Het bedrijf kweekt algen via open vijvers in Borculo en Geesteren (schaalgrootte: totaal 15.000 m ²). Het geld wordt verdiend met levering van nuttige ingrediënten van algen waaronder voedingssupplementen, paardenvoer, grasvoeding ter voorkoming van schimmels, voedsel, geneesmiddelen, e.d. gemaakt kunnen worden. In 2008 heeft Ingrepro een fotobioreactor aangeschaft (BioFence) om ook deze ontwikkelingen te volgen. Daarnaast wil Ingrepro starten met zogenaamde powerplants. Naast een industriegebied of plaats wil Ingrepro energie opwekken met algen, daarbij kan ze gebruik maken van CO ₂ van bedrijven en verontreinigd water (AlgaeSync concept).
Kelstein, Hallum contactpersoon: Douwe Zijlstra, Jan Zijlstra	melk (algen zijn voor schonere bedrijfsvoering)	Kelstein is een melkveebedrijf dat heeft geïnvesteerd in een algenteelt-installatie voor de opwekking van groene energie. Hierbij worden ze bijgestaan door DLV Plant en Crassus. De algen-unit is gekoppeld aan hun huidige mestvergistinginstallatie.

<i>Organisatie</i>	<i>Product</i>	<i>Activiteit</i>
KEMA N.V. www.kema.com contactpersoon: Dominique Deen	advies	KEMA is een onderneming die wereldwijd een groot aantal onafhankelijke onderzoeks- en adviesdiensten verleent via een internationaal netwerk van dochterbedrijven en vertegenwoordigingen. Het is gespecialiseerd in dienstverlening op het gebied van business and technische consultancy, metingen en inspecties, keuring, testen en certificatie. Op het gebied van algen heeft het een model ontwikkeld (AlgaeValue) waarmee inzicht kan worden verkregen in te verwachten kosten (investerings en operationele kosten) van verschillende routes van algen stam tot eindproduct.
KLM www.klm.nl contactpersoon: ?	gebruiker van (bio)kerosine	KLM (Koninklijke Luchtvaart Maatschappij) is een wereldwijd opererende Nederlandse luchtvaartmaatschappij. Het bedrijf ondersteunt de Sustainable Aviation Fuel users Group en heeft in 2008 uitgesproken op kerosine uit algen te willen vliegen.
LGem B.V. www.lgem.nl contactpersoon: Eugène Roebroek	supplementen voor food en feed	LGem kweekt algen voor toepassingen als food en feed supplementen en farma. Het bedrijf doet dat in horizontale buizen fotobioreactoren (schaalgrootte, 3 reactoren à 280 m ²).
Maris projects www.maris-projects.nl contactpersoon: Ruben van Maris	Bioreactoren voor algenteelt	Maris Projects ontwikkelt bioreactoren (met algen) ten behoeve van waterzuivering en energieproductie Maris Projects wil op de voormalige stortplaats “Vlagheide” in de gemeente Schijndel een tweetal initiatieven starten: 1. Het kweken van algen voor energie 2. Het winnen van biogas uit bermgras In februari 2009 start waterschap Aa en Maas samen met Maris Projects BV uit Schijndel het onderzoek naar de kweek van (en waterzuivering met) algen op de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) aan de Treurenburg in 's-Hertogenbosch. In een voormalige sliblagune met een oppervlakte van ongeveer 10.000 m ² wordt de algenkweekvijver aangelegd.

Organisatie	Product	Activiteit
Neste Oil corporation (Finland) www.nesteoil.com contactpersoon: Markku Patajoki, Pirjo Kuuppo	biodiesel	Neste Oil is een Finse oliemaatschappij en heeft momenteel twee commerciële NExBTL renewable biodiesel fabrieken operationeel in Porvoo (Finland), capaciteit 150.000 ton biodiesel per jaar. Het bedrijf is bezig met het bouwen van nog twee NExBTL biodiesel fabrieken, één in Singapore en één op de Maasvlakte bij Rotterdam. Beide fabrieken zullen een capaciteit hebben van 800.000 ton biodiesel per jaar (i.e. ca 1 miljoen ton olie per jaar). De fabrieken zullen operationeel zijn tegen het einde van 2011. Momenteel gebruiken ze plantaardige en dierlijke vetten, maar Neste Oil wil naar niet-eetbare grondstoffen toe (70% in 2018, en 100% in 2020). Algen zijn een potentiële grondstof.
Plankton Solutions www.planktonsolutions.nl contactpersoon: Hein de Baar	onderzoek	Plankton Solutions is een kenniscentrum op gebied van algen. Het is een consortium van Rijksuniversiteit Groningen en Koninklijk Nederlands Instituut voor onderzoek der Zee (NIOZ). Het centrum heeft met name expertise op het gebied van diversiteit, metabolisme en kweekomstandigheden van algen.
Plant Research International (PRI) (zie Wageningen UR - PRI)		
Rosendaal Energy www.rosendaal-energy.nl contactpersoon: Bart Rosendaal	biobrandstoffen	Rosendaal Energy bouwt een biobrandstoffen fabriek in Sluiskil. Het bedrijf onderzoekt momenteel de technische en economische geschiktheid van algen om op grote schaal (bv. 1 miljoen ton/jaar) plantaardige olie (algenolie) te produceren, wat weer gebruikt kan worden als grondstof voor bv. biodiesel. Ook wordt onderzocht of algen geschikt zijn om grote hoeveelheden CO ₂ uit de atmosfeer weg te nemen en of algen of delen van algen als energiebron een alternatief kunnen vormen om fossiele brandstoffen zoals aardolie, kolen en aardgas (deels) te vervangen.
Saeftinghe Zilt Aquaculture Products www.saeftinghezilt.nl contactpersoon: Jean Pierre van Wesemael	zilte producten waaronder algen	Saeftinghe Zilt Aquaculture Products gaat in Zeeland zilte producten kweken, waaronder ook algen. Daarnaast wordt een kenniscentrum opgericht over deze relatief nieuwe sector. Voor dit kenniscentrum zijn er al contacten met verschillende onderwijsinstellingen, waaronder Wageningen Universiteit. Dit bedrijf heeft op 23 november 2007 een prijs (investeringspremie van € 50.000) gewonnen van de junior kamer Zeeuws Vlaanderen.

Organisatie	Product	Activiteit
STOWA www.stowa.nl	Onderzoek	De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) is het kenniscentrum van regionale waterbeheerders in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart en verspreidt kennis die nodig is om de opgaven waar waterbeheerders voor staan, goed uit te voeren. Deelnemers aan STOWA zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen, zuiveringsschappen en de provincies. STOWA werkt o.a. samen met anderen aan een model voor het voorspellen van blauwalgenbloei.
Technogrow www.technogrowbv.com contactpersoon: J.J.M. van der Burg	Advies	Technogrow is een adviesbureau voor de land- en tuinbouw. Het is o.a. actief geweest in het UKR project “Van visolie naar algen” (2005-2008)
Teijin www.teijin.co.jp/english contactpersoon:	Farma en kunststoffen	Teijin is een wereldwijd opererend Japans chemieconcern met name actief op de farma en kunststoffen markt. Het bedrijf financiert haalbaarheidsonderzoek bij AquaPhyto naar winning biobrandstof uit algen. Teijin, actief in farma en plastic productie mag dan teeltsysteem gebruiken in Azië .
Universiteit Wageningen (zie Wageningen UR - WU-Bioproceskunde)		
Wageningen UR Plant Research International (PRI) www.pri.wur.nl contactpersoon: Willem Brandenburg, Andries Koops	Onderzoek	De business unit Agrosysteemkunde van PRI verricht marktgericht strategisch wetenschappelijk onderzoek waarbij ze (componenten van) duurzame agro-ecosystemen (waaronder ook zilte teelten en algenteelt) ontwerpen en toetsen. Daarnaast heeft het expertise op het gebied van metabolisme en moleculaire biologie van algen.
Wageningen UR A&F – Biobased Products www.biobasedproducts.wur.nl contactpersonen: Maria Barbosa, Brenda Israël	Onderzoek	De business unit Biobased products van A&F verricht marktgericht onderzoek naar de ontwikkeling van “biobased” producten, waaronder ook producten uit algen (materialen en energie). Expertisevelden in relatie tot algen zijn bijv. algenkweek, bioraffinage en chemie aan algenolie t.b.v. bijv. biodiesel en coatings.

<i>Organisatie</i>	<i>Product</i>	<i>Activiteit</i>
Wageningen UR Animal Sciences Group (ASG) contactpersoon: Johan Schrama, Leon Heinsbroek	Onderzoek	De Animal Sciences Group van Wageningen UR is een internationaal gerenommeerde kennisorganisatie op het gebied van veehouderij, diergezondheid en visserij. De kernactiviteiten zijn wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek, academisch onderwijs, de ontwikkeling van (dierlijke) productiesystemen en innovaties en de ontwikkeling en productie van vaccins en sensitines (specifieke diagnostica). M.b.t. algenteelt is het actief met projecten op het gebied van “feed for fish” en toepassingen op de boerderij.
Wageningen UR WU Bioprocestechnologie www.pre.wur.nl / www.bpe.wur.nl contactpersonen: René Wijffels	Onderzoek	Bioprocestechnologie is een universitaire leerstoelgroep waarbij het onderzoek zich richt op de productie van biomassa (geïntegreerd met winning van het product). Belangrijke werkveld is de mariene biotechnologie; i.e. de kweek van microalgen. Expertise op gebied van 1) bioreactor design, 2) cellulaire processen en 3) modelleren.
Wageningen UR Wageningen IMARES www.wageningenimares.wur.nl contactpersoon: Frans Veenstra	Onderzoek	Wageningen IMARES doet strategisch en toegepast wetenschappelijk onderzoek naar mariene ecosystemen t.b.v. duurzaam beheer, gebruik en exploitatie van kust en zee (“marine living resource management”) Het werkveld "Aquacultuur" omvat zowel de kweek van dierlijke als plantaardige organismen en strekt zich daarmee uit van meervalteelt tot de kweek van algen en zeewier.

2.2 Buitenlandse organisaties

<i>Organisatie</i>	<i>Product</i>	<i>Activiteit</i>
A2BE Carbon Capture (USA) www.algaeatwork.com	Technologie voor algenteelt en oogst	A2BE Carbon Capture is een Amerikaans technologiebedrijf dat gesloten bioreactoren en oogsttechnologieën ontwikkelt voor de productie van algen voor food, feed en fuel toepassingen. Het heeft met diverse partners pilot projecten opgezet, en verwacht binnen 2 jaar te kunnen opschalen naar commerciële schaal.
Algaewheel (USA) www.algaewheel.com	Bioreactor voor algenteelt	Algaewheel, Inc. is een Amerikaans bedrijf (Indianapolis) dat een bioreactor type voor algenteelt heeft ontwikkeld en vermarkt: de zogenaamde Algaewheel® technologie. Oorspronkelijk is de reactor ontwikkeld voor eenvoudige maar efficiënte waterzuivering, maar toen bleek dat er significante hoeveelheden algen geoogst konden worden, wordt de technologie ook voor algenteelt aangeboden. In oktober 2008 heeft het bedrijf geparticipeerd in een energie-expo duidend op de interesse in de energiemarkt.
Algal Biomass Organisation (USA) www.algalbiomass.org	n.v.t.	De Algal Biomass Organization (ABO) is een non-profit organisatie die de ontwikkeling promoot en bepleit van commercieel haalbare productie van (transport)brandstoffen en niet-energie toepassingen van biomassa uit algen. Leden zijn (met name Amerikaanse) personen, bedrijven en organisaties in de gehele keten.
Algasol Renewables SL (Spanje) www.algasolrenewables.com	supplementen voor food en feed, en biobrandstoffen (in ontwikkeling)	Algasol renewables is een Spaans technologiebedrijf gesitueerd op Mallorca dat zich richt op de mogelijkheden van algentechnologie voor hernieuwbare energie. In eerste instantie richt het zich op vegetable oil derived vloeibare transport brandstoffen waarbij de eiwitrijke bijproducten vermarkt worden als feed. Daarnaast wil het zich richten op hoogwaardige producten voor de food- en feed-industrie en mogelijk later ook ethanol.
Algatech (Israel) www.algatech.com	Astaxantin en andere producten uit algen	Algatech is wereldmarktleider in de productie van astaxantin en andere hoogwaardige producten uit algen voor de nutraceuticals en cosmetische industrie. De productiefaciliteit zit in Kibbutz Ketura in het hart van Israel's Arava woestijn alwaar het algen kweekt in gesloten bioreactoren op een schaal van 2 ha.

Organisatie	Product	Activiteit
Algenol Biofuels (USA) www.algenolbiofuels.com	bioethanol (in ontwikkeling)	Algenol Biofuels is een Amerikaans bedrijf dat ethanol gaat produceren met behulp van algen. Het bedrijf zit in de opschalingfase en bouwt aan een productiefaciliteit in Mexico. Deze Biofields Mexico faciliteit bevat ook een kleine energiecentrale die rond de 2-3 miljoen ton CO2 levert, genoeg voor de productie van 1 miljard liter ethanol per jaar. De Biofields Mexico faciliteit gaat naar een capaciteit van 5-10 miljard liter ethanol per jaar.
Algoil (India)	olie uit algen (in ontwikkeling)	Algoil is een klein Indiaas bedrijf dat algenolie wil gaan produceren voor biobrandstoffen. Het bedrijf zit momenteel nog in de laboratoriumfase van ontwikkeling.
Aquaculture Supplies (UK) www.aquaculturesupplies.co.uk	algen (levend en als droge stof)	Aquaculture Supplies is een klein Engels bedrijf dat algen kweekt voor gespecialiseerd voer voor aquaria. Huidige marktvolume is onbekend.
Aquaflow Bionomic Corporation (Nieuw Zeeland) www.aquaflowgroup.com	Biocrude uit algen (in ontwikkeling)	Aquaflow Bionomic Corporation (ABC) is een Nieuw Zeelands bedrijf dat algen oogst uit bezinkvijvers van waterzuiveringsinstallaties. De zuiveringsinstallatie van Marlborough omvat 60 ha open vijvers. Het bedrijf heeft recentelijk technologie ontwikkeld om de algen op commerciële schaal te oogsten en wil daar vervolgens biocrude van maken.
Aquatic Energy LCC (USA) www.aquaticenergy.com	algen (voor biodiesel productie)	Aquatic Energy LCC is een Amerikaans bedrijf dat in Louisiana een algen productie faciliteit aan het bouwen is (250 ha, open vijvers). Naar analogie van een pilot faciliteit van ca. 1 ha. Het bedrijf heeft een purchasing agreement met JatroDiesel, een bedrijf dat biodiesel produceert, waarmee de verkoop van alle geproduceerde olie is gewaarborgd. Daarnaast heeft het bedrijf plannen voor een uitbreiding van de faciliteit in Louisiana met 1000 ha en een 30 miljoen US\$ algenteelt faciliteit in zuidoost Azië, op voorwaarde dat de productie in Louisiana aan de verwachtingen voldoet.
Aurora Biofuels Inc (USA) www.aurorabiofuels.com	algenolie (in ontwikkeling)	Aurora BioFuels is een Amerikaans bedrijf in hernieuwbare energie en wil met name microalgen gebruiken voor de productie van een bio-olie die in biodiesel omgezet kan worden. Het bedrijf kwam in juni 2008 in beeld met de aankondiging dat het 20 miljoen US\$ financiering had geregeld bij diverse venture capitalists. Aurora is van plan open algenvijvers (technologie ontwikkeld door Berkeley professor Tasios Melis) te gebruiken voor de algenteelt.

Organisatie	Product	Activiteit
AXI (USA) www.axilcc.com	algen (voor biodiesel productie) (in ontwikkeling)	AXI is een Amerikaans spin-off bedrijf dat bij de University of Washington ontwikkelde algentechnologie wil gaan commercialiseren. Het bedrijf richt zich op de ontwikkeling van nieuwe algenstammen met een hoog gehalte aan lipiden (t.b.v. de biodiesel productie) en lage kooldioxide behoefte.
Bioalgene (USA) www.bioalgene.com	algen (voor biodiesel productie en/of waterzuivering) (in ontwikkeling)	Bioalgene is een Amerikaans bedrijf met het hoofdkantoor in Seattle. Het bedrijf ontwikkelt drie prototype sites voor algenteelt in de staat Washington State. Het bedrijf zet zowel in op waterzuivering als op biobrandstoffen. Het heeft o.a. subsidie van het US Dept. of Energy ontvangen.
Bionavitas Inc (USA) www.bionavitas.com	algen (voor biobrandstoffen)	Bionavitas is een Amerikaans bedrijf dat eigen technologie heeft ontwikkeld voor algenteelt op grote schaal. Het bedrijf richt zich op de productie van biobrandstoffen. Het is echter onduidelijk of ze algen/biobrandstoffen vermarkten, of uitsluitend de technologie om algen te kweken.
Bioprodukte Steinberg (BPS) (Duitsland) www.bioprodukte-steinberg.de	algen (supplementen voor food, cosmetica en aquacultuur)	BPS is een MKB bedrijf in Klotze, Duitsland gespecialiseerd in de teelt van <i>Chlorella</i> algen t.b.v. de productie van supplementen voor food, cosmetica en aquacultuur. Deze producten worden vermarkt onder de merknamen Algomed (Duitsland) en Echlorial (Frankrijk). Het bedrijf heeft 20 gesloten bioreactoren in gebruik, elk met 25 km aan glazen buizen, in kassen (1.2 ha). Schaalgrootte 100-150 ton per jaar. In 2007 was de omzet meer dan 1 miljoen €. Het bedrijf is in 2008 overgenomen door Roquette.
Blue Marble Energy (USA) www.bluemarbleenergy.net	biogas en fijn-chemicaliën uit natte biomassa	Blue Marble Energy (BME) is Amerikaans bedrijf (Seattle) dat technologie heeft ontwikkeld om biogas en fijnchemicaliën te produceren uit natte biomassa, waaronder algen. De algen worden geoogst uit vervuilde (kust)wateren waar zgn. algen bloom optreedt, of uit zuiveringsinstallaties waar algen gekweekt worden voor waterzuivering. De conversietechnologie is een vorm van anaerobe vergisting van biomassa - AGATE™ (Acid Gas and Ammonia Targeted Extraction) waarbij biomethaan, waterstof, esters en ammonia geproduceerd wordt. Het zou ook andere (natte) plantaardige stromen kunnen verwerken.
Bodega Algae (USA) www.bodegaalgae.com	Bioreactor voor algenteelt	Bodega Algae is een Amerikaans bedrijf (Boston) dat modulair aaneen te schakelen fotobioreactoren heeft ontwikkeld voor de algenteelt. De focus van het bedrijf ligt op een gepatenteerd optisch systeem dat de distributie van zonlicht in de reactor optimaliseert. Het heeft medio 2008 proeven gestart bij de Friday Harbor Laboratories of the University of Washington.

<i>Organisatie</i>	<i>Product</i>	<i>Activiteit</i>
Cellana (USA) www.cellana.com		Cellana is een joint venture van Royal Dutch Shell en HR Biopetroleum, aangegaan in december 2007, om een algenolie productie faciliteit te bouwen voor het leveren van de grondstof voor biodiesel. De joint venture gaat een pilot plant bouwen naast the Maui Electric power plant in Maalaea (Hawaiï). Schaalgrootte: 300 ha open vijvers, verwachte productie 11 miljoen liter algen olie per jaar. Het bedrijf verwacht minimaal 3 jaar nodig te hebben voor de nodige vergunningen etc. In 2008 liet Cellana weten een 2,4 ha demonstratieproject te bouwen op Big Island (Hawaiï) in samenwerking met Shell en the Natural Energy Laboratory of Hawaii in Kona.
Cequesta Algae (Israel) www.cequesta-algae.com	Algenteelt technologie (open vijvers)	Cequesta Algae is een Israëlische ontwikkelingsmaatschappij (te Jeruzalem) met de focus op algentechnologie, zogenaamde Large-Scale Algae Field (LSAF) Technology. Het bedrijf richt zich in eerste instantie op de productie van visvoer voor de aquacultuur.
Circle Biodiesel & Ethanol Corporation (USA) www.circlrbio.com	Bioreactoren en apparatuur voor de extractie van algenolie	Circle Biodiesel & Ethanol Corporation is een Amerikaans bedrijf dat technologie ontwikkelt en apparatuur vervaardigt voor de biobrandstoffen industrie. Het bedrijf heeft een fotobioreactor voor de productie van algen op de markt. Daarnaast heeft het een systeem ontwikkeld waarmee olie uit algen kan worden geëxtraheerd. Dat kan ca. 4 liter algenolie per minuut halen uit een vlocibare stroom bestaande voor de helft uit water en de helft uit algen, waarbij de helft van de algen biomassa olie is.
Diversified Energy Corporation (USA) www.diversified-energy.com	algenteelt technologie (semi-open systeem), biomassa vergassing technologie	Diversified Energy Corporation is een Amerikaans bedrijf dat alternatieve en hernieuwbare energie productiesystemen ontwikkelt en commercialiseert. Het heeft een semi-open algenteelt systeem ontwikkeld, Simgae™, Het bedrijf zit nu in het stadium dat het partners en investeerders zoekt om een “pre-commercial demonstration” faciliteit te bouwen in Arizona (schaalgrootte 4-10 ha) om het ontwerp, proces parameters, algen selectie en andere parameters te optimaliseren. De oogst van algen en de extractie van de olie wordt door partners verzorgd. Ondertussen onderzoekt het bedrijf de mogelijkheden om zijn Centia™ technologie (een technologie om biobrandstoffen te produceren uit elke hernieuwbare olie – via syngas) te combineren met Simgae™. Om daarmee een totaal concept van alg tot biobrandstof systeem in huis te hebben.

Organisatie	Product	Activiteit
Earthrise Nutritionals LLC (USA) www.earthrise.com	voedingssupplementen op basis van algen (organic)	Earthrise Nutritionals is een Amerikaans bedrijf (partner van het Japanse DIC LIFETEC waar ook het Chinese bedrijf Hainan-DIC Microalgae Co. onder valt) Earthrise brengt diverse algenproducten op de markt, met name voor food, voedingssupplementen en aquacultuur. Het kweekt daarvoor met name <i>Spirulina</i> in open vijversystemen. Schaalgrootte: 30 vijvers in de Sonoran woestijn in Californië, in totaal ca 15 ha, en een jaarlijkse productie van 450 ton aan algen.
Eco-Solids International (UK) www.ecosolids.com Contactpersoon: Nicholas Gill	meststoffen	Eco-Solids International is een Engels bedrijf dat in diverse landen zuiverings-slib verwerkt en daar meststoffen uit produceert. Het bedrijf onderneemt ook activiteiten om olie uit algen te extraheren om te verwerken tot biobrandstoffen en andere hoogwaardige toepassingen. Het bedrijf werkt daarbij samen met Missing Link Technologies (Texas) met hun cel disrupter technologie "Cellruptor™".
Enhanced Biofuels & Technologies (India) www.ebtiplc.com	biobrandstoffen (in ontwikkeling)	Enhanced Biofuels & Technologies India PLC is een Indiaas bedrijf dat zich richt op de productie van biobrandstoffen uit niet eetbare grondstoffen als <i>Jatropha</i> en algen. De status van de ontwikkeling en/of commerciële productie is onbekend.
Global Green Solutions Inc (USA) www.globalgreensolutionsinc.com	algen (voor biodiesel) (in ontwikkeling)	Global Green Solutions (GGRN) is een Amerikaans bedrijf dat onder de naam Vertigro Algae Technology (VAT) algen produceert voor bijv. biodiesel-toepassingen. De technologie is nog in ontwikkeling maar het bedrijf is een 10 miljoen US\$ faciliteit in El Paso, Texas, USA aan het bouwen. Het verwacht commercialisatie in 2009. Er is sprake van dat Vertigro Algae Technology wordt overgenomen door Valcent Products Inc.
Green Star Products (USA) www.greenstarusa.com	biodiesel en bioethanol (in ontwikkeling)	Green Star Products (GSPI) is een Amerikaans bedrijf gericht op de productie van hernieuwbare energievormen zoals biodiesel en bioethanol. Het gaat voor de verschillende productiefaciliteiten joint ventures aan met partners die de uiteindelijke uitvoering doen. Op het gebied van algen heeft GSPI in 2007 gedurende 9 maanden een 40,000-liter demonstratie faciliteit gerund die de nodige informatie en data voor commerciële productie heeft geleverd. GSPI verwacht binnenkort te starten met de bouw van een 250 ha productiefaciliteit in Utah.

Organisatie	Product	Activiteit
GreenFuel Technologies (USA) www.greenfuelonline.com	algen (voor bijv. biodiesel of veevoer) (in ontwikkeling)	GreenFuel Technologies Corporation is een Amerikaans bedrijf dat algenteelt technologieën ontwikkelt voor het recyclen van industriële broeikasgassen om algen te produceren voor hoogwaardige feeds, foods, en fuels. Het bedrijf heeft een contract getekend ter waarde van 92 miljoen US\$ voor het bouwen van broeikassen waarin algen worden gekweekt. De kassen komen te staan naast de cementfabriek Holcim in het Spaanse Jerez. De algen worden gevoed met zonlicht en met CO ₂ dat vrijkomt bij de cementproductie, en kunnen gebruikt worden voor de productie van biodiesel of verwerkt worden tot veevoer. De 100 ha aan algen-kassen zouden 25.000 ton aan algen biomassa per jaar moeten gaan produceren.
Hainan-DIC Microalgae Co., Ltd. (China)	voedingssupplementen op basis van algen (organic)	Hainan-DIC Microalgae Co. is een Chinees bedrijf (onderdeel van het Japanse DIC LIFETEC waar ook het Amerikaanse bedrijf Earthrise Nutritionals onder valt). Hainan-DIC brengt diverse algenproducten op de markt brengt, met name voor food, voedingssupplementen en aquacultuur. Het kweekt daarvoor met name <i>Spirulina</i> in open vijversystemen. Productiecapaciteit is 350 ton algen per jaar.
Inventure Chemical (USA) www.inventurechem.com	biodiesel en ethanol (in ontwikkeling)	Inventure Chemical is een Amerikaans bedrijf (Seattle) gericht op de ontwikkeling en commercialisatie van grondstof conversie technologieën voor biobrandstofproducenten. Met de gepatenteerde technologie worden tweede generatie grondstoffen zoals diverse lignocelluloses en algen omgezet tot biodiesel en bioethanol. Het bedrijf exploiteert een R&D productie site in Seattle waar het biodiesel en bioethanol produceert uit algen oa. van producenten in Arizona, Israël en Australië. Het bedrijf is in juni 2008 een joint venture aangegaan met Seambiotic om een pilot commerciële faciliteit te bouwen in Israël, waarbij de algenteelt technologie van Seambiotic (in open vijvers) gecombineerd wordt met de conversietechnologie tot biodiesel van Inventure Chemical. Om zo het concept van CO ₂ via algen naar biodiesel te commercialiseren.
LiveFuels Inc. (USA) www.livefuels.com	onderzoek	LiveFuels is een Amerikaanse alliantie tussen laboratoria en wetenschappers met als doel de algentechnologie te ontwikkelen voor de productie van 'biocrude'. Onderzoek wordt gecoördineerd door het Sandia National Laboratories, één van de U.S. Department of Energy National Laboratory. De alliantie verwacht tientallen laboratoria en honderden wetenschappers te sponsoren tegen het jaar 2010.

Organisatie	Product	Activiteit
Neste Oil corporation (Finland) www.nesteoil.com	biodiesel	Neste Oil is een Finse oliemaatschappij en heeft momenteel twee commerciële NExBTL renewable biodiesel fabrieken operationeel in Finland, capaciteit 150.000 ton biodiesel per jaar. Het bedrijf is bezig met het bouwen van nog twee NExBTL biodiesel fabrieken, één in Singapore en één op de Maasvlakte bij Rotterdam. Beide fabrieken zullen een capaciteit hebben van 800.000 ton biodiesel per jaar (i.e. ca 1 miljoen ton olie per jaar). De fabrieken zullen operationeel zijn tegen het einde van 2011. Momenteel gebruiken ze plantaardige en dierlijke vetten, maar Neste Oil wil naar niet-eetbare grondstoffen toe (70% in 2018, en 100% in 2020). Algen zijn een potentiële grondstof.
OriginOil (USA) www.originoil.com	algenolie (voor bijv. biobrandstoffen) (in ontwikkeling)	OriginOil is een Amerikaans bedrijf dat een gepatenteerde bioreactor gebruikt (Helix BioReactor™) voor de teelt van algen om vervolgens m.b.v. microgolf-technologie (en Quantum Fracturing™) de celwanden open te breken om de algenolie te extraheren. Het systeem is modulair en opschaalbaar. De schaal waarop het op dit moment wordt toegepast is onbekend.
PetroAlgae (USA) www.petroalgae.com	installaties voor kweken en oogsten van algen, algenolie (in ontwikkeling)	PetroAlgae is een Amerikaans bedrijf gericht op de commercialisatie van nieuwe technologie voor het kweken en oogsten van algen en de extractie van algenolie. Het gebruikt algenstammen ontwikkeld door Arizona State University met verhoogd oliegehalte. Het bedrijf heeft een modulaire bioreactor ontwikkeld en zit in de transitie naar een commerciële schaal faciliteit. Het bedrijf is in juni 2008 overgenomen door PetroTech Holdings Corp. waardoor extra middelen beschikbaar zijn gekomen voor de daartoe benodigde investeringen.
PetroSun (USA) www.petrosuninc.com	biobrandstoffen (in ontwikkeling)	PetroSun is een Amerikaans bedrijf dat actief is in het opsporen en ontwikkelen van olie- en gasvelden. De divisie “alternative fuels” richt zich met name op de productietechnologie van algen naar algenolie. Het bedrijf ontwikkelt in Rio Hondo, Texas een commerciële algen farm waarvan het heeft aangekondigd dat het in 2008 operationeel zou gaan. Huidige status is onbekend. De algen-naar-algenolie faciliteit in Rio Honda bestaat uit ca. 600 ha zoutwater vijvers die volgens het bedrijf 16 miljoen liter algenolie en 5500 ton biomassa per jaar zullen gaan produceren. Het bedrijf heeft 20 ha van de vijvers beschikbaar gesteld voor een voorgesteld R&D programma naar JP8 kerosine uit algen.

Organisatie	Product	Activiteit
Philadelphia Renewable Energy (USA) www.philadelphiarenewable.com	biobrandstoffen en elektriciteit	Philadelphia Renewable Energy is een Amerikaans bedrijf dat algen gebruikt als grondstof voor de productie van hernieuwbare energie, in de vorm van elektriciteit, huisverwarming en transportbrandstoffen. Bij de gebruikte algentechnologie (Cyanagra™) worden de algen geteeld in vijvers in kassen. Na het oogsten worden de algen ofwel gedroogd (droge biomassa voor energieopwekking) of nat verwerkt met een plantaardige olie verwerkingstechnologie. Schaalgrootte op dit moment onbekend.
Proviron (België) www.proviron.be	Fijnchemicaliën en biodiesel	Proviron is een onafhankelijk chemisch productiebedrijf in België dat gebruik blijft maken van de traditionele petrochemische grondstoffen maar tegelijkertijd een toenemende focus legt op hernieuwbare grondstoffen en groene chemie. Momenteel ontwikkelen ze een fotobioreactor voor de teelt en oogst van algen.
Reeds Mariculture (USA) www.reed-mariculture.com/	algenconcentraten voor aquacultuur en de aquarium markt	Reeds Mariculture is een Amerikaans bedrijf (in San Jose, California) dat microplankton feeds produceert voor de commerciële aquacultuur en aquarium markt. Het productportfolio bevat naast microalgen, ook nog copepoden, raderdierpjes, garnalen, en macroalgen. De microalgen concentraten worden gebruikt in meer dan 70 landen, 500 kwekerijen, en 300 universiteiten.
Roquette (Frankrijk) www.roquette.com	voedingssupplementen, cosmetica en feed voor de aquacultuur uit algen	Roquette is een Franse multinational die uitsluitend hernieuwbare grondstoffen verwerkt tot zetmeel derivaten, polyolen en fijn-chemicaliën t.b.v. de levensmiddelen-, veevoeder-, farmaceutische-, papier- en chemische industrie. Het heeft in 2008 het Duitse bedrijf Bioprodukte Steinberg (BPS) dat is gespecialiseerd in de teelt van Chlorella algen t.b.v. de productie van supplementen voor food, cosmetica en aquaculture. Deze producten worden vermarkt onder de merknamen ALGOMED (Duitsland) en Echlorial (Frankrijk). Het bedrijf heeft 20 gesloten bioreactoren in gebruik, elk met 25 km aan glazen buizen, in kassen (1.2 ha). Schaalgrootte 100-150 ton per jaar. In 2007 was de omzet meer dan 1 miljoen €. Daarnaast heeft Roquette subsidie ontvangen van de Franse regering om de microalgen sector in Frankrijk verder te ontwikkelen m.b.v. Franse partners. Het bedrijf heeft bekend gemaakt nog 2 à 3 algen productie faciliteiten te wensen.

Organisatie	Product	Activiteit
Sapphire Energy (USA) www.sapphireenergy.com	biobrandstoffen (in ontwikkeling)	Sapphire Energy is een Amerikaans bedrijf dat in 3-5 jaar biobrandstof uit algen op de markt wil brengen. Mede m.b.v. een investering van Bill Gates van 100 miljoen US\$. Schaalgrootte van de huidige pilot faciliteiten zijn onbekend. Het bedrijf heeft o.a. de bio-kerosine geleverd waarmee Continental Airlines begin 2009 een proefvlucht heeft gemaakt.
SBAE Industries (België) www.sbae.be	algen (voor aquacultuur)	SBAE Industries (Sustainable Bio-engineering for the Aquatic Environment) is een Belgisch bedrijf dat verschillende typen algen produceert (<i>Phaedactylum tricornotum</i> , <i>Nannochloropsis oculata</i> , <i>Tetraselmis suecica</i> , <i>Isochrysis sp</i>) voor toepassingen in aquacultuur, supplementen voor food en feed, en voor biobrandstoffen. Het bedrijf heeft zowel open systemen als "indoor" technologie ontwikkeld. Het bedrijf verwacht in 2009 een productiecapaciteit te hebben van 30 ton per jaar.
Seambiotic (Israël) www.seambiotic.com	algen (voor supplementen voor food en feed, en biobrandstoffen)	Seambiotic is een Israëlisch bedrijf gericht op de grootschalige productie van algen voor bijvoorbeeld de food-, feed- en biofuels-industrie. In de afgelopen 5 jaar heeft het uitgebreid ervaring opgedaan met een 1000 m ² open vijver systeem gekoppeld aan het rookgas van de energiecentrale van de Israeli Electric Corporation in Ashkelon. Het bedrijf is in juni 2008 een joint venture aangegaan met Inventure Capital (USA) om op te schalen naar een commerciële faciliteit, waarbij de algenteelt technologie van Seambiotic gecombineerd wordt met de conversietechnologie tot biodiesel van Inventure Chemical. Om zo het concept van CO ₂ via algen naar biodiesel te commercialiseren.
Shell www.shell.com	Vloeibare transportbrandstoffen uit algenolie (in ontwikkeling)	Shell is een wereldwijd opererende groep van energie en petrochemie bedrijven. Het heeft met HR Biopetroleum een joint venture opgezet onder de naam Cellana om zeealgen te kweken en daaruit plantaardige olie te produceren die kan worden omgezet tot biobrandstof. De joint venture is een pilot plant aan het bouwen naast the Maui Electric power plant in Maalaea (Hawaiï). Schaalgrootte: 300 ha open vijvers, verwachte productie 11 miljoen liter algen olie per jaar. Het bedrijf verwacht minimaal 3 jaar nodig te hebben voor de nodige vergunningen etc. In 2008 liet Cellana weten een 2,4 ha demonstratieproject te bouwen op Big Island (Hawaiï) in samenwerking met Shell en the Natural Energy Laboratory of Hawaiï in Kona.

<i>Organisatie</i>	<i>Product</i>	<i>Activiteit</i>
Solazyme Inc (USA) www.solazyme.com	Vloeibare transportbrandstoffen uit algenolie; Ingrediënten voor nutraceuticals en cosmetica (in ontwikkeling)	Solazyme is een Amerikaans biotechnologie bedrijf dat o.a. hernieuwbare olie produceert. Het commercialiseert ook een breed spectrum aan algenproducten voor de Health and Wellness markt. Voor de productie gebruikt het gesloten bioreactoren waarin de algen op biomassa in plaats van licht (i.e. heterotroof) gekweekt worden. Solazyme heeft een ontwikkelingscontract gesloten met Chevron. Het produceert ondertussen al een diesel brandstof (schaal onbekend) en heeft recent bekend gemaakt ook een kerosine te kunnen maken die aan de huidige normen voldoet.
Solena Group Inc. (USA) www.solenacroup.com	Elektriciteit en transportbrandstoffen uit biomassa	The Solena Group is een Amerikaans bedrijf (hoofdkantoor in Washington DC) dat hernieuwbare energie produceert m.b.v. gepatenteerde 'plasma gasification and vitrification' (SPGV) technologie, Daarbij wordt biomassa in synthese gas omgezet dat vervolgens m.b.v. het Fisher-Tropsch proces in vloeibare transportbrandstoffen wordt omgezet, of wordt gebruikt om elektriciteit op te wekken. Samen met partner BioFuels Technology wordt nu technologie ontwikkeld om algen-biomassa als grondstof voor het proces te kunnen gebruiken.
Solix Biofuels (USA) www.solixbiofuels.com	Algenolie voor de productie van vloeibare brandstoffen (in ontwikkeling)	Solix Biofuels is een Amerikaans spin-off bedrijf van de University of Colorado en richt zich op de productie van grondstoffen uit algen voor het maken van biobrandstoffen. Solix Biofuels heeft recentelijk bekend gemaakt dat het 15 miljoen US\$ aan fondsen heeft verworven voor de bouw van een commerciële algen-biobrandstof installatie nabij Durango, Colorado. Partner in deze is Southern Ute Alternative Energy LLC.
SUBITEC GmbH (Duitsland) www.subitec.com	Algen voor de feed en food industrie	Subitec is een Duits spin-off bedrijf van het Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (FhIGB) te Stuttgart. Het produceert diverse algensoorten in gesloten bioreactoren (vlakkeplaat /air lift reactoren). Productiecapaciteit in 2004 was 1500 kg/jaar.

Organisatie	Product	Activiteit
Sustainable Aviation Fuel Users Group (waaronder KLM en Air France)	gebruikersgroep (luchtvaartbedrijven)	Sustainable Aviation Fuel users Group is een internationale gebruikersgroep van bedrijven actief in de luchtvaartindustrie. Leden van deze groep doen praktijkproeven met biofuels waaronder BTL fuels (Biomass-to liquid). Daarnaast ondersteunt de groep onderzoek naar algen voor kerosine (bij NRDC). Begin 2009 heeft het bekend gemaakt dat Continental Airlines een proefvlucht heeft gemaakt waarbij de brandstof van een van de motoren was vervangen door bio-kerosine, deels op basis van Jatropha, en deels op basis van algenolie (bio-kerosine geleverd door Sapphire Energy).
Texas Clean Fuels (USA) www.newenglandcleanfuels.com	fotobioreactoren voor algenteelt	Texas Clean Fuels (voorheen bekend als New England Clean Fuels) is een Amerikaans bedrijf dat bioreactoren voor de algenteelt bouwt onder de merknaam MOPS™ (Micro Organism Production System). Het is niet gespecialiseerd in het verwerken van de algen tot producten, maar heeft diverse partners waarbij dat kan worden uitbesteed, en kan daarmee een totaal concept leveren.
Valcent Products Inc. (USA) www.valcent.net	Bioreactoren voor de productie van biofuels uit algen	Valcent is een Amerikaans bedrijf dat o.a. algenteelt technologie ontwikkelt voor de productie van ethanol, biodiesel en kerosine uit algen. Er is sprake van dat het Vertigro Algae Technology gaat overnemen. Valcent is een bioreactor project op commerciële schaal aan het bouwen op zijn testlocatie in El Paso, Texas.
Varicon Aqua solutions (UK) www.variconaqu.com	Bioreactoren voor algenteelt	Produceert Biofence bioreactoren voor algen productie (BioFence PBR). Bijv. hierboven genoemde Sapphire Energy en Shell produceren m.b.v. BioFence systemen.
XL Renewables, Inc (USA) www.xldairygroup.com	installatie voor grootschalige teelt van algen	XL Renewables, Inc. is een Amerikaans bedrijf dat technologie heeft ontwikkeld en op de markt brengt om op grote schaal algen te telen voor bijv. biobrandstoffen. Het gepatenteerde systeem, XL Super Trough System™ genaamd, is een hybride ontwerp dat zowel als een open als een gesloten systeem kan werken. Het bedrijf heeft zijn Algae Development Center (ADC) opgezet in Casa Grande, Arizona. Daar kan op een pilot schaal (1 ha) systeem optimalisatie en bijv. verschillende algen stammen getest worden. XL Renewables begint in 2009 met de ontwikkeling de Withrow 40 (schaalgrootte 16 ha), eveneens in Casa Grande, Arizona. Daarnaast heeft het plannen om in Vicksburg (Arizona) een algenteelt faciliteit van ca. 160 ha (10 eenheden van 16 ha) te ontwikkelen.

3 Projecten op het gebied van (toepassing van) algenteelt

3.1 Lopende grote projecten met Nederlandse participatie (> 1 M€)

<p>Titel: AlgiCoat (EOS LT) Omvang: >1 M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): Akzo-Nobel, Essent, Ingrepro, WU-Bioprocestechnologie, Wageningen UR-A&F Activiteiten: Onderzoek naar o.a. selectie van algensoorten voor de productie van geschikte precursors en hun conversie naar coatings. Tevens optimalisering groeicondities algen. Biodiesel is een bijproduct Voor de algenteelt worden open systemen van Ingrepro en Akzo Delfzijl gebruikt.</p>
<p>Titel: Diatom growth, lipid production and their regulation under simulated process conditions in fotobioreactors (IWT) Omvang: >1 M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): Universiteit Gent, Proviron, WU-Bioprocestechnologie Activiteiten: Fundamenteel onderzoek (AIO) naar lipiden productie in Phaeodactylum t.b.v. diverse toepassingen.</p>
<p>Titel: Praktijkproeven met BTL fuels (Biomass-to liquid) en onderzoek naar algen voor kerosine Omvang: onbekend (> 1 M€) Duur: open Deelnemer(s): vliegtuigbouwer (Boeing), luchtvaartmaatschappijen (Air France, Air New Zealand, ANA (All Nippon Airways), Cargolux, Gulf Air, Japan Airlines, KLM, SAS, Virgin Atlantic Airways) en Environmental NGOs (Natural Resources Defense Council, WorldWide Fund for Nature) Activiteiten: Onder andere praktijkproeven met biofuels waaronder BTL fuels (Biomass-to liquid). Ondersteunt ook onderzoek naar algen voor kerosine (bij NRDC)</p>
<p>Titel: Solar-H2 (EU-FP7) Omvang: >1 M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): Uppsala U., CEA Frankrijk, Max Planck, U. Turku, U. Berlin, U. Bochum, Biol. Research Center Szeged, U.. Geneve, U. Bielefeld, Centre Nat. De Recherche Scientifique, WU-Bioprocestechnologie Activiteiten: Fundamentele kennis opbouwen op gebied van fotobiologische productie van waterstof m.b.v. algen. Nederlandse inbreng is het modelleren van de dynamica van de fotosynthese.</p>

<p>Titel: Photosynthetic Cell Factories (STW-VICI) Omvang: >1 M€ Duur: onbekend Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie Activiteiten: Fundamenteel onderzoek op gebied van bioproceskunde t.b.v. de kweek van algen. Specifieke projecten worden apart vermeld in dit overzicht.</p>
<p>Titel: Wetsus - Algentechnologie Omvang: >1 M€ Duur: >4 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie, Wageningen UR-A&F, Dow Chemicals, Eneco, Hubert, Neste Oil, Nuon, Rosendaal Energy, Syngenta, Ingrepro, Hednesford, Friesland Foods, Essent, Delta, Unilever, Activiteiten: Fundamentele kennis opbouwen/doorbraaktechnologieën op diverse gebieden. Specifieke projecten worden apart vermeld in dit overzicht.</p>
<p>Titel: Zeeuwse Tong Omvang: >1 M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): Wageningen UR-PRI, Wageningen-Imares, Roem van Yerseke, WU-Bioprocestechnologie, Hogeschool Zeeland, Topsy Baits, Solea, Grontmij, Hesy Aquacultuur, Neanthes, United Fish Auctions (ondersteund door Ministerie van LNV en Provincie Zeeland) Activiteiten: Praktijkgericht onderzoek naar een duurzaam productiemodel voor de gecombineerde kweek van tong, zagers (grote wormen), zilte gewassen en schelpdieren. De kweek van algen is onderdeel van deze natuurlijke kringloop: vis produceert mest, mest doet algen groeien, algen vormen het voedsel voor schelpdieren en zagers. Een deel van de zagers wordt benut voor de voeding van de tong; een ander deel wordt verwerkt tot visvoer.</p>

3.2 Lopende middelgrote projecten met Nederlandse participatie (100 k€ - 1 M€)

<p>Titel: Algenteelt (UKR) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 3 jaar (einde in 2008) Deelnemer(s): Hogere Agrarische School Den Bosch, Essent, Lgem en Technogrow Activiteiten: Onderzoek om vast te stellen in hoeverre restgassen van een elektriciteitscentrale, waaronder koolstofdioxide, kunnen worden afgebroken dan wel worden gebruikt door algen. Tijdens dit project zullen naast verschillende praktische mogelijkheden ook de haalbaarheid van een structurele toepassing worden bekeken. Hierbij zal er een proefopstelling worden gemaakt om alle bijkomende processen beter inzichtelijk te krijgen.</p>
<p>Titel: Bioraffinage van algen - verwaarding van de eiwit-fractie (Wetsus) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie, WU-Food Chemistry Activiteiten: Fundamenteel onderzoek (AIO) naar o.a. extractie en fractioneren van eiwitten uit algen, analyse van de verkregen fracties, bepaling van de technische en/of bio-functionaliteit van de verkregen fracties.</p>
<p>Titel: De productie van zuurstof in fotobioreactoren - een biologische aanpak (Wetsus) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie Activiteiten: Fundamenteel onderzoek (AIO) naar de zuurstofproductie bij de algenteelt</p>
<p>Titel: De teelt van microalgen voor geïntegreerde aquacultuur Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 5 jaar Deelnemer(s): Hogeschool Zeeland, WU-Bioprocestechnologie Activiteiten: Fundamenteel onderzoek (AIO) naar optimale kweekomstandigheden van specifieke algen.</p>
<p>Titel: Een uitgebreide scenario studie voor efficiënte, robuuste en flexibele algenteelt faciliteit (Wetsus) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie, WU-Systems and control group Activiteiten: Scenario studie naar een efficiënte, robuuste en flexibele algenteelt faciliteit.</p>

<p>Titel: Extractie olie uit algen (B-Basic) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 1 jaar Deelnemer(s): TU Delft, B-Basic, DSM, Shell, WU-Bioprocetechnologie Activiteiten: fundamenteel onderzoek (AIO) naar de optimale productiemethoden van oliën uit algen</p>
<p>Titel: Hoge celdichtheid cultures en groei inhibitie (SenterNovem) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 3 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocetechnologie Activiteiten: Fundamenteel onderzoek (AIO) naar de oorzaak van groei inhibitie in cultures of <i>Monodus subterraneus</i> met hoge celdichtheid. Onderzoek vindt plaats in flat panel fotobioreactoren.</p>
<p>Titel: Kelstein – Hallum gesloten boerderij Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: onbekend Deelnemer(s): Kelstein, AF&F, Crassus, DLV, Da Vinci Finance, WU-Bioprocetechnologie, Wageningen UR-A&F Activiteiten: Plaatsen van een semi-open algenteelt systeem achter een vergister, en optimalisatie van de processen en bedrijfsvoering.</p>
<p>Titel: Kooldioxide aanbod in fotobioreactoren - een biologische aanpak (Wetsus) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocetechnologie Activiteiten: Fundamenteel onderzoek (AIO) naar de rol van kooldioxide bij de algenteelt.</p>
<p>Titel: Maximalisatie van de lipiden productiviteit (Wetsus) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocetechnologie Activiteiten: Fundamenteel onderzoek (AIO) naar maximalisatie van de productiviteit aan lipiden. De ontwikkeling van metabole flux modellen waarmee de relatie tussen het primaire metabolisme en het lipiden metabolisme beter begrepen kan worden.</p>

<p>Titel: Nabehandeling van afvalwater met microalgen (Wetusus) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie, WU-Environmental Technology Activiteiten: Fundamenteel onderzoek (AIO) naar de mogelijkheden om nutriënten in afvalwater te gebruiken voor de algenteelt, en daarmee gelijktijdig waterzuivering te bewerkstelligen. Onderzoek omvat o.a. selectie van stabiele microalgen, bepalen van de optimale procescondities, en analyse van de stabiliteit van het proces bij wisselende temperaturen en licht hoeveelheden.</p>
<p>Titel: Ontwikkeling nieuwe fotobioreactor Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 2 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie in opdracht van Proviron Activiteiten: Ontwikkeling van nieuwe bioreactor.</p>
<p>Titel: Oogsten van algen t.b.v. extractie van algenolie (Wetusus) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie Activiteiten: Fundamenteel onderzoek (AIO) naar de extractie van olie uit algen.</p>
<p>Titel: Photosynthetic Cell factories - Ontwikkeling van high-efficiency fotobioreactoren (STW-VICI) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie Activiteiten: Fundamenteel onderzoek (AIO) naar de productiviteit van <i>Dunaliella salina</i> cultures in een gecontroleerde lab-scale fotobioreactor als functie van verschillende kweekomstandigheden.</p>
<p>Titel: Productie van Nannochloropsis (UKR) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 3 jaar (einde in 2008) Deelnemer(s): Hogere Agrarische School Den Bosch, Essent, Lgem en Technogrow Activiteiten: Ontwikkelen en opzetten van een commerciële productie van algen. Met name het type alg <i>Nannochloropsis</i>. Het doel is de ontwikkeling van een systeem waarmee 15% – 16% van het licht wordt omgezet in biomassa. Dit houdt in dat de productiecapaciteit 5 tot 10 maal zo hoog is als de bestaande kweeksystemen.</p>

<p>Titel: Production of Nannochloropsis Omvang: 100 k€ - 1 M € Duur: 4 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie, Thailand Activiteiten: Fundamenteel onderzoek (AIO) naar de optimalisatie van de productie van <i>Nannochloropsis</i>, waaronder de effecten van zuurstofconcentratie op microbiële groei.</p>
<p>Titel: Projectoptimalisatie van algenkweek met gebruik van een biogasinstallatie (EOS demonstratieproject) Omvang: onbekend (100 k€ - 1 M€) Duur: onbekend Deelnemer(s): Melkveebedrijf Kelstein, DLV-Plant, Crassus Advise4you, Activiteiten: Demonstratieproject om algen te kweken in combinatie van een biogasinstallatie bij een melkveebedrijf. Praktijkgericht onderzoek of de warmte, CO₂ en digestaat uit de vergister gebruikt kan worden voor algenproductie.</p>
<p>Titel: Van visolie naar algen, Duurzame productie van omega-3-vetzuren (UKR-02013) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: onbekend Deelnemer(s): Technogrow BV, WU-Bioprocestechnologie, TechnoInvent, LGem, Universiteit van Huelva. Activiteiten: In dit experiment wordt een installatie van commerciële omvang gebouwd en in gebruik genomen om het functioneren van deze technologie in een realistische gebruiksomgeving te testen en aan te tonen. Deze installatie (de bioreactor) heeft een werkzame oppervlakte van 420 m² waarmee op jaarbasis maximaal 6,3 ton algenbiomassa (d.s.) geproduceerd wordt. Deze capaciteit is voldoende om met een aantal klanten in de markt de toepassing van algen als bron van omega-3-vetzuren in een realistische praktijkomgeving uit te testen.</p>

3.3 Lopende kleine projecten in Nederland (< 100 k€)

<p>Titel: Photobioreactor performance under high irradiance Omvang: < 100 k€ Duur: onbekend Deelnemer(s): Technogrow, Universiteit Huelva, SenterNovem, WU-Bioprocetechnologie Activiteiten: Onderzoek naar de optimalisatie van algenteelt in gesloten bioreactoren in het zuiden van Spanje.</p>
<p>Titel: Consultancy Omvang: < 100 k€ Duur: <1 jaar Deelnemers: Wageningen UR-A&F in opdracht van een bedrijf Activiteiten: Inventarisatie van scenario's en mogelijke locaties in Nederland voor een pilot installatie (open systeem) voor de algenteelt voor biodiesel productie</p>
<p>Titel: Consultancy Omvang: < 100 k€ Duur: onbekend (open einde) Deelnemer(s): WU-Bioprocetechnologie in opdracht van een bedrijf Activiteiten: Advisering m.b.t. reactor design en technologie voor algenteelt</p>
<p>Titel: Consultancy Omvang: < 100 k€ Duur: onbekend (open einde) Deelnemer(s): WU-Bioprocetechnologie en Wageningen UR-A&F in opdracht van een bedrijf Activiteiten: Advisering en onderzoek naar de mogelijkheden van kerosineproductie uit algen op eigen site in Nederland</p>
<p>Titel: Consultancy Omvang: onbekend (< 100 k€) Duur: onbekend (open einde) Deelnemer(s): WU-Bioprocetechnologie in opdracht van een consortium van bedrijven Activiteiten: Advisering op het gebied van productie van biodiesel m.b.v. algen in gesloten bioreactoren in China en Saudië Arabië</p>
<p>Titel: Consultancy Omvang: < 100 k€ Duur: onbekend (open einde) Deelnemer(s): Wageningen UR-A&F en WU-Bioprocetechnologie in opdracht van een consortium van bedrijven Activiteiten: Advisering op het gebied van productie van biodiesel m.b.v. algen in gesloten bioreactoren, waarschijnlijk in Nederland</p>

<p>Titel: Consultancy Omvang: < 100 k€ Duur: onbekend (open einde) Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie in opdracht van een consortium van bedrijven Activiteiten: Advisering aangaande een in Nederland te bouwen algen teeltsysteem gekoppeld aan een 3MW vergister.</p>
<p>Titel: Extractie van biodiesel uit algen Omvang: < 100 k€ Duur: onbekend (open einde) Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie in opdracht van een bedrijf Activiteiten: Haalbaarheidsonderzoek naar de voorbehandeling voor de extractie van biodiesel uit algen.</p>

3.4 Initiatieven om tot een project te komen

<p>Titel: BioSolar Cells (FES fotosynthese) Omvang: >1 M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): Wageningen UR-PRI, WU-Bioprocestechnologie, VU, en diverse onderzoekinstellingen en bedrijven Activiteiten: Fundamentele kennis opbouwen op het gebied van de fotosynthese. Er zijn 3 hoofdthema's, fotosynthese in de plant, kunstmatige fotosynthese, en fotosynthese in algen. De projecten moeten nog nader vormgegeven worden.</p>
<p>Titel: CO₂ fixatie (NEO) Omvang: 100 k€ - 1 M€ Duur: 1 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie, TNO Activiteiten: Ontwikkelen van technologie om m.b.v. algenteelt CO₂ te fixeren.</p>
<p>Titel: Opzetten van een pilot faciliteit t.b.v. algenteelt systemen Omvang: >1 M€ Duur: >4 jaar Deelnemer(s): WU-Bioprocestechnologie, Wageningen UR-A&F en 10 bedrijven Activiteiten: Opzetten van een toegepast research centrum waartoe alle stake holders (industrie, overheden, onderzoek instellingen) zich kunnen wenden met vragen op het gebied van micro-algen productie. Daarnaast het ontwikkelen van een volledige procesketen voor het gebruik van biomassa voor biobrandstoffen en de valorisatie van bijproducten.</p>
<p>Titel: Pilot faciliteit bioraffinage (Dutch Biorefinery Initiative) Omvang: >1M€ Duur: 4 jaar Deelnemer(s): Wageningen UR-A&F, Rosendaal Energy, Neste, Stamproy, Paques, Heijmans, ECN,WU-Bioprocestechnologie. Activiteiten: Opzetten van een pilot faciliteit waar stake holders (industrie, overheden, onderzoek instellingen) terecht kunnen voor onderzoek naar de volledige procesketen van algen naar waardevolle producten, inclusief de valorisatie van bijproducten (bioraffinage).</p>

Titel: **LG-SMART, Let's Get Smart with Micro-Algae Refining Technologies** (EU FP7)

Omvang: >1M€

Duur: 4 jaar

Deelnemer(s): BP, Stamproy, Univ. Gent, Westfalia, Proviron, Cirad, Rosendaal, Necton, CPRI, Neste Oil, Vito, LEIA, Pacques, Heijmans, University of Tsukuba, Fraunhofer, University of Lausanne, Chalmers University of Technology, Sparos, World Minerals, The National Hellenic Research Foundation, University of Huelva, CNRS, University of Graz, TU Dresden, Wageningen UR-A&F, WU-Bioprocestechnologie

Activiteiten: Multidisciplinair onderzoek met als doel een duurzame keten te vormen voor de coproductie van biobrandstoffen en industriële (fijn)chemicaliën met gebruik van micro-algen als productieplatform.

4 Conclusies

Algenteelt kan op dit moment rekenen op warme belangstelling, met name vanwege de hoge efficiëntie in het omzetten van zonlicht in biomassa. Veel bedrijven zien kansen voor slimme teeltsystemen die een veel hogere opbrengst mogelijk maken dan ooit met landbouwgewassen zou kunnen. En zouden daarom algentechnologie graag gebruiken om CO₂ te fixeren, of voor de productie van bepaalde componenten zoals eiwit voor voedsel, zuurstof, lipiden voor de chemische industrie en transportbrandstoffen.

4.1 Marktpotentieel voor algenteelt

De toepassingen voor de algenteelt zijn grofweg in te delen in een paar hoofdgroepen: voedsel (Food), diervoeding (Feed), biobrandstoffen (Fuels), en chemicaliën (Platform chemicals & Fine Chemicals). Gezien de huidige kostprijs van algenproductie, zitten de huidige toepassingen met name op het gebied van nutraceuticals en kleurstoffen voor de voedingsmiddelen- en diervoedingsindustrie. Als de productiekosten significant naar beneden gebracht kunnen worden, is het potentiële marktvolume voor bioenergie enorm (> € 1 triljard, zie ook tabel 1 in Hoofdstuk 1). Daarmee zou een enorme reductie van het gebruik van fossiele brandstoffen en daaraan verbonden CO₂-emissies gerealiseerd kunnen worden.

Met de huidige stand van de technologie is dat echter onmogelijk. In een haalbaarheidsstudie door Wageningen Universiteit in opdracht van Delta N.V. is gekeken naar de huidige kostprijs van algenproductie in verschillende productiesystemen van verschillende schaal en naar de opbouw van de kosten. De schaal van productie waarnaar gekeken is, was 1 ha en 100 ha en de betrokken systemen waren een open vijversysteem, een (gesloten) buizenreactor en een (gesloten) vlakke plaatreactor. Bovendien is gekeken naar de kostenopbouw. In tabel 2 is de uitkomst van deze analyse op een schaal van 100 ha gegeven.

Tabel 2. Belangrijkste karakteristieken van drie verschillende productiesystemen op een schaal van 100 hectare

	<i>Open vijver</i>	<i>Vlakke plaat</i>	<i>Buizen</i>
Biomassaproductie (ton /jaar)	2.071	6.363	4.141
Fotosynthetische Efficiëntie (%)	1,5	5	3
Lichtpad (m)	0,2	0,03	0,034
Dagelijkse verdunningssnelheid (%)	10	30	30
Culturevolume (m ³)	180.180	57.692	29.671
Investerings (€ /m ²)	65	94	34
Biomassaproductiekosten (€/kg DW)	5,70	4,03	4,02
Voornaamste kostenpost (%)	Centrifuge, 15 %	Air blowers, 24%	Circulatiepomp, 46%
% kosten voor apparatuur	12	7	4
% kosten voor energie	3	17	42
Energiebalans (GJ/year)	4.496	-325.294	-486.442

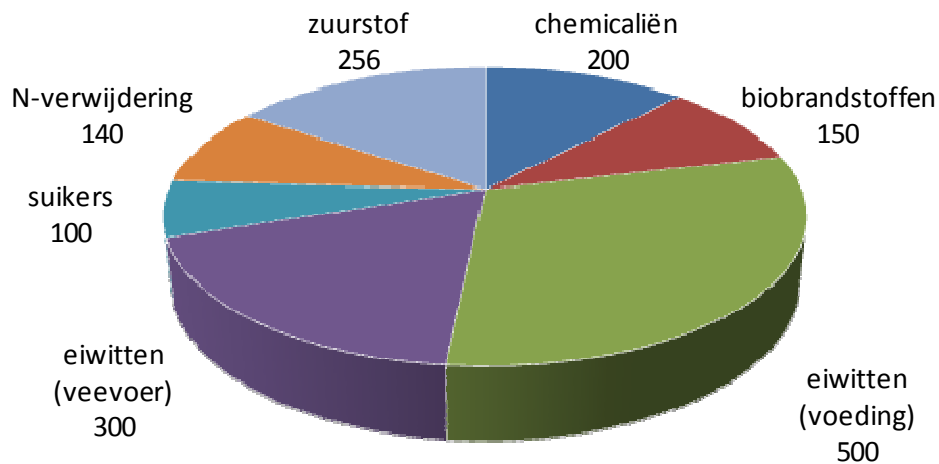
Uit deze analyse blijkt dat de kostprijzen tussen de verschillende productiesystemen niet veel verschillen. Opvallend is echter dat er relatief veel kosten opgaan in het rondpompen van water, afscheiden van biomassa of begassen van de systemen. Ten gevolge van dit soort activiteiten is de energiebalans van productie negatief.

Vervolgens is gekeken hoe de kosten gereduceerd kunnen worden. Immers, de ervaring met deze systemen is opgedaan in relatie tot de productie van hoogwaardige componenten. Het is nooit prioriteit geweest om productie kostenefficiënter te maken. Opvallend is dat een kostenreductie van 90% gerealiseerd kan worden in een buizenreactor en slechts 50% in een open systeem. Reden hiervoor is dat open systemen reeds geoptimaliseerd zijn en er nu nog relatief weinig te verbeteren valt aan de technologie. Gesloten systemen staan nog aan het begin van hun ontwikkelingscyclus en daar zijn nog veel verbeteringen te realiseren. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van een gevoeligheidsanalyse van een buizenreactor in tabel 3.

Tabel 3. Gevoeligheidsanalyse van een 100 ha productieplant met horizontale buizenreactoren

Nieuwe condities	Nieuwe prijs	
	€ /GJ	€/kg biomassa
Culture-medium gratis	136,71	3,58
CO ₂ gratis	140,65	3,69
Zowel CO ₂ als medium gratis	123,86	3,25
Verdunningsnelheid 10% v/v per dag	124,62	3,27
Fotosynthetische Efficiëntie 4,8% (60 % toename)	107,06	2,81
CO ₂ stimulans (15 € / ton CO ₂)	152,46	3,99
Geen centrifugering	134,18	3,52
Geen menging	86,30	2,26
FE 4,8%; CO ₂ en medium gratis, CO ₂ stimulans	76,37	2,00
Geen menging, FE 4,8%, CO ₂ stimulans, medium en CO ₂ gratis	34,36	0,90
Curacao, FE 4,8%, CO ₂ stimulans, medium en CO ₂ gratis	36,09	0,95
Curacao, geen menging, FE 4,8%, CO ₂ stimulans, medium en CO ₂ gratis	15,94	0,42

Uit de studie blijkt dat het in principe mogelijk is de kostprijs van productie zoveel te verlagen dat algen aantrekkelijk worden om in te zetten voor de productie van bulkchemicaliën en energie. Productie van algen met als enige eindproduct een biobrandstof achten wij echter niet haalbaar. Het is belangrijk meerdere producten tegelijkertijd uit algen te winnen, en daarom is bioraffinage een belangrijke *enabling technology* voor de commercieel aantrekkelijke productie van microalgen. In figuur 1 is geïllustreerd dat biobrandstof slechts één van de producten uit algen is, naast een aantal andere producten.



Figuur 1: De totale waarde aan bulktoepassingen van microalgen wordt geschat op 1650 €/ton en is opgebouwd uit verschillende ingrediënten. De productiecosten worden geschat op 400 € per ton

Om de productie van microalgen voor bulkproducten mogelijk te maken is er een technologische sprong nodig. Wageningen UR heeft de ambitie met behulp van onderzoek deze transitie mogelijk te maken. De enige manier waarop dit kan is door grotere onderzoeksprogramma's op te bouwen waarin Wageningen UR als onafhankelijke partij onderzoek doet voor een groot consortium aan industrie. In Nederland is er weinig industrie actief op het gebied van de productie van micro-algen. De industrie die actief is, is bovendien kleinschalig en actief op niche marktsegmenten van de hoogwaardige producten. De industrie die belangstelling heeft voor de bulkproductie van micro-algen zijn met name eindgebruikers. Hun belang is dat de technologie ontwikkeld wordt, het is niet hun belang om eigen technologie te ontwikkelen. De onderzoeksagenda om tot doorbraken te komen is ambitieus; een gezamenlijke inspanning van industrie, overheid en kennisinstellingen kan naar onze mening tot doorbraken leiden.

4.2 Positie Nederland

De positie van Nederland op het gebied van algentechnologie ten opzichte van het buitenland is goed. Nederland heeft een sterke achtergrond op het gebied van verhogen van de productiviteit van landbouwgewassen en kan eenzelfde positie op het gebied van algenteelt verkrijgen. De onderzoeksactiviteiten in Nederland zijn reeds enorm groot ten opzichte van het buitenland door de inspanningen van de huidige onderzoeksinstituten en de interesse op dit gebied van de Nederlandse industrie. Het bereiken van een leidende positie in dit veld is dus reëel.

In Nederland is grond schaars en de hoeveelheid zonneschijn beperkt. Wij ontvangen de helft van de hoeveelheid zon ten opzichte van zuid Europa. Desondanks verwachten wij dat algenteelt belangrijk zal zijn voor de Nederlandse economie.

In de eerste plaats heeft Nederland een kenniseconomie. Technologie die hier ontwikkeld wordt, zal tevens buiten Nederland toegepast worden. Nederlandse bedrijven zullen naar verwachting technologie exporteren naar het buitenland voor lokale productie van bulkchemicaliën en biobrandstoffen. In de tweede plaats spelen algen een rol in de stofkringlopen: CO₂ en nutriënten. De veeteeltsector heeft momenteel een overschot aan CO₂ en nutriënten. Een groei van deze sector kan alleen geschieden indien CO₂ en nutriënten hergebruikt worden. Momenteel is er vanuit deze sector veel belangstelling om algentechnologie op boerderijschaal toe te passen. Analooq daaraan is de energiesector zeer geïnteresseerd in de mogelijkheden van algenteelt om hun CO₂ overschotten vast te leggen en te benutten.

4.3 Advies voor de korte termijn

De toenemende belangstelling van Nederlandse en buitenlandse bedrijven voor het gebruik van algentechnologie (zie ook de overzichten in hoofdstuk 2) is vooralsnog voornamelijk gebaseerd op resultaten op laboratoriumschaal en daaruit berekende extrapolaties naar mogelijkheden op industriële schaal. Er is momenteel echter zeer beperkte ervaring met hoe reëel dit is in de praktijk. Daarom zijn er veel partijen in Nederland die hulp wensen bij de ontwikkeling van een *pilot* faciliteit of bij de productie van monsters om de toepasbaarheid van het product en de economie van het proces te toetsen. Hierbij speelt een rol dat de keuze van het type algen (genera en species), het gebruikte teeltsysteem en de optimalisatie van het proces afhankelijk is van het beoogde product.

Om belangstellende bedrijven verder te brengen in de ontwikkeling van producten uit algen, is het van belang dat er *pilot* faciliteiten beschikbaar komen waarmee partijen hun onderzoek voorbij de laboratoriumschaal kunnen brengen, zodat ze daarmee gefundeerd keuzes kunnen maken voor ze gaan investeren in industriële sites. Voor de korte termijn adviseren wij daarom beleidsmakers van de Nederlandse overheid om het opzetten en operationeel houden van een dergelijke *pilot* faciliteit te ondersteunen. Deze *pilot* faciliteiten zouden door meerdere belanghebbende partijen te gebruiken moet zijn, en het volgende mogelijk moeten maken:

- testen van verschillende designs op een representatieve schaal;
- vergelijken van verschillende designs onder dezelfde omstandigheden;
- testen van productiemethoden met bepaalde grondstoffen t.b.v. bepaalde toepassingen;
- onderzoek naar de stabiliteit en betrouwbaarheid van processen;
- produceren van samples.

Om dit mogelijk te maken, adviseren we om in de genoemde *pilot* faciliteiten verschillende systemen parallel operationeel te hebben, met name:

- een ‘open race way pond’, omdat dit design het meest eenvoudig is;
- een buizenreactor;
- een vlakke plaat (flat panel) reactor.

4.4 Advies voor de lange termijn

Onze inschatting is dat de grootschalige productie van biobrandstoffen en chemicaliën met behulp van algenteelt in de toekomst haalbaar wordt, zonder dat er competitie optreedt met landbouwgrond voor voedselproductie. De daarvoor benodigde technologie is echter nog niet voldoende ontwikkeld. Daarom is ons advies aan beleidsmakers om voor de lange termijn te investeren in de ontwikkeling van technologie voor de productie van biobrandstoffen uit algen.

Inzet moet daarbij zijn:

- maximaliseren van de fotosynthetische efficiëntie
- maximaliseren van de lipide productiviteit
- fotobioreactor ontwerp en bedrijfsvoering
- gebruikmaken van restnutriënten
- oogsten van algen
- bioraffinage, waaronder extractie van producten en verwaarden van restproducten

Daarbij is het van belang krachten te bundelen, en gebruik te maken van combinaties van toepassingen (bioraffinage).

Bijlage 1 Omschrijving van de kennisvraag

Van Aad van Winden, Jo Voet
Aan Themagroep Innovatie, EPA
Betreft Voorstel voor kiemproject
Datum 19.03.2008

Ontwikkelingsperspectieven voor algenteelt

In de beleidsnotitie Duurzame Agro-innovatie worden ‘nieuwe agro-productiesystemen voor inhoudstoffen en energie’ gezien als een van de kansrijke perspectieven. Een van de meest kansrijke opties is algenteelt. Algen staan nationaal en internationaal sterk in de belangstelling vanwege mogelijkheden die nog sterk onderbenut zijn. Deze teelt kan een scala aan producten leveren voor een waaier van doeleinden van cosmetica en omega-vetzuren tot energie. Er zijn dan ook redenen om vanuit beleid kennis een overzichtelijk document te hebben van de perspectieven van algenteelt en de stand van zaken van de wetenschappelijk en toepasbare kennis op dit gebied teneinde te kunnen oordelen over de onderzoek op dit terrein.

Onderzoeksvoorstel

Aan de WUR wordt een opdracht gegeven om een inventariserend document op te stellen op basis waarvan beleidsmakers (beter) in staat zijn om te besluiten over de inzet van kennismiddelen ten behoeve van een perspectiefvolle algenteelt.

In het beoogde document komen aan de orde:

- de gebruiksmogelijkheden van de diverse algensoorten
- lopend en afgesloten onderzoek, internationaal en nationaal, per algensoort
- economisch perspectief van de teelt, per algensoort inclusief zout- en zoetwaterteelt
- Commerciële toepassingen, die al worden gerealiseerd incl. schaalgrootte.
- Kennisvragen die beantwoord moeten worden om nieuwe toepassingen mogelijk te maken

Verdere aandachtspunten en referentiepersone/bedrijven staan in de bijlage die is opgesteld door Jo Voet in het kader van de verkorte vraagprocedure.

Uitvoering

WUR-DLO korte vraag procedure of kiemprogramma innovatie (EPA-innovatie).

Omvang opdracht

Kosten kunnen in rekening gebracht worden tot een bedrag van € 15.000.

Bijlage behorende bij de Vraag voor verkorte vraagprocedure

Kennisvraag:

Afgelopen periode zijn diverse vragen bij het interdepartementale koploperloket binnengekomen omtrent algenteelt. Tevens is dit een onderwerp wat leeft bij beleidsmedewerkers die zich bezighouden met bio based economy. Om na te gaan op welke manier we als LNV-Overheid verder moeten gaan met dit thema is het nuttig en noodzakelijk om meer inzicht te krijgen in dit onderwerp. Via een korte vraag procedure zou ik willen dat we een overzicht krijgen van alle , op dit gebied, relevante projecten op dit moment (nationaal en internationaal). Daarnaast graag een lijst van instanties en personen die concreet bezig zijn met dit onderwerp. In ieder geval zullen op de list moeten voorkomen: (Allcom; Hogeschool Larenstein; v. Maris Projects; Ingrepro; Shell; Japanse en USA projecten; Algenteelt voor mosselen; Zeewolde; Texel, WURenz. enz.). Personen die zich hier mee bezighouden; Henk Huizing van Innovatienetwerk; Medewerkers van Universiteit van Leuven; Amsterdam; P. Hamm, Ruben van Maris, enz. enz. Middels inzicht in dit totale netwerk van personen en instanties kan de overheid/LNV gericht ondersteuning verlenen middels onderzoek, subsidie en netwerken.

Vr. gr. sr. beleidsmedewerker LNV Jo Voet Koploperloket

Gewenste producten:

Uw gegevens:

* overzicht

Naam:

Jo Voet

Organisatie:

Directie kennis,

Koploperloket IPE

E-mail:

j.a.h.h.voet@minlnv.nl

Telefoon:

06-48131096

Kennisvraagtype:

Kortlopend

Voorkeur voor onderzoeker/onderzoeksinstituut:

Nee

Gewenste opleverdatum:

2008-04-01

Aanpassing van de kennisvraag dd. 10-10-2008

-----Original Message-----

From: Voet, ing. J.A.H.H. (Jo) [mailto:j.a.h.h.voet@minlnv.nl]

Sent: vrijdag 10 oktober 2008 17:51

To: Zee, Maarten van der

Cc: Winden, ir. A.J.M. van (Aad)

Subject: kiemgeldvraag algen

Maarten,

In overleg met Aad van Winden wil ik gevolg geven aan de vraag van de interdepartementale werkgroep algen. Dit betekent dat, in vervolg op ons telefonisch overleg hierover, je gevraagd wordt om je met name te richten op de uitwerking van bijlage 2, zijnde een overzicht van alle activiteiten en bedrijfsplannen betreffende algen die nationaal en internationaal gaande zijn c. q. gemaakt worden. Vanuit de overheid bekijken we de gehele keten, van primaire productie t/m handel, verwerking en afzet. Indien mogelijk ook info over de omvang (technisch en financieel).

Op basis van dit overzicht zal ik proberen bij de werkgroep aanvullingen te krijgen. Ik vraag je daarom om het concept overzicht toe te sturen zodat ik voor verdere uitbreiding zorg kan dragen.

In later stadium zullen we ook inzicht moeten krijgen in de duurzaamheid van algenproductie en keten be- en verwerking. Daarnaast komen vragen aan de orde omtrent Profit en People. Ook zal inzicht gevraagd worden omtrent de relatieve duurzaamheid: bijv. indien algen worden gebruikt voor visvoer. Wat betekent dit voor de energiebesparing volgens de huidige methode waarbij erg veel diesel nodig is om deze vissen t.b.v. visvoer te vangen. En, methodes die energetisch negatief zijn maar erg veel geld opbrengen zoals de pharmaceuticals.

Uiteindelijk zal de overheid een standpunt moeten bepalen welke richtingen wél en welke niet worden ondersteund. dat is iets voor beleidsmakers.

Hierbij is dan weer belangrijk om de bottlenecks te kenne en de blokkades voor wet- en regelgeving. Mocht je bij je zoektocht dergelijke zaken tegenkomen: schrijf ze aub nu reeds op.

Maarten veel succes!

Vr. gr.

Jo Voet