

TOEZICHT OP DE GEVOLGEN VAN GOUDWINNING OP HET BOSOPPERVLAK EN ZOETWATER IN HET GUYANASCHILD

Peiljaar 2014

2015

Auteurs: Rahm M.¹, Jullian B.², Lauger A.², de Carvalho R.³, Vale L.³, Totaram J.⁴, Cort K.A.⁴, Djojodikromo M.⁵, Hardjoprajitno M.⁵, Neri S.³, Vieira R.³, Watanabe E.³, do Carmo Brito M.³, Miranda P.⁵, Paloeng C.⁵, Moe Soe Let V.⁵, Crabbe S.⁵, Calmel M.¹

Referenten: Ndagijimana C.¹, Svensson S.¹, do Rosário J.M.³, Farias P.³, Dewnath N.⁴, Somopawiro R.⁵

¹ONF International (ONFI); ²Office National des Forêts de Guyane (ONF); ³Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amapá (SEMA); ⁴Guyana Forestry Commission; ⁵Stichting voor Bosbeheer en Bostoezicht (SBB)

Studie uitgevoerd in het kader van de REDD+ voor het Guyanaschild-project en medegefinancierd door WWF Guianas

Dit gezamenlijke regionale onderzoek is uitgevoerd door een team van deskundigen op het gebied van bosbouw en milieudiensten uit Suriname (SBB), Guyana (GFC), Amapá (SEMA) en Frans-Guyana (ONF). Met medefinanciering van WWF Guianas is het onderzoek uitgevoerd onder toezicht van ONF International binnen het kader van het project *REDD+ voor het Guyanaschild*.

Het project *REDD+ voor het Guyanaschild* (<http://reddguianashield.com/>) is een initiatief gefinancierd door het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO Interreg Caraïben IV), het Franse Wereldmilieufonds (FFEM), ONF-Frans-Guyana en Région Guyane. Het project is gericht op het uitbreiden van de technische regionale samenwerking op het gebied van bossen en REDD+ gerelateerde kwesties tussen Suriname, Guyana, de Braziliaanse staat Amapá en Frans-Guyana.

Dit onderzoek is mogelijk gemaakt dankzij een samenwerkingsovereenkomst in het kader van het project *REDD+ voor het Guyanaschild*, tussen ONF-Guyana (projecteigenaar) en Airbus Defense & Space, alsook tussen SEAS-Guyana en Airbus DS, voor het verlenen van alle medewerkers van het onderzoek *TOEZICHT OP DE GEVOLGEN VAN GOUDWINNING OP HET BOSOPPERVLAK EN ZOETWATER IN HET GUYANASCHILD* toegang tot SPOT 4 en 5 archieven, evenals enkele SPOT 6 archieven.

Dankwoord:

Ik wil graag mijn grote waardering uitspreken voor de cruciale input van de medewerkers van Bosbeheer van Frans-Guyana, Guyana en Suriname (d.w.z. ONF, GFC en SBB) en van het Secretariaat van Milieu van de staat Amapá (SEMA) voor hun inzet gedurende alle fases van het onderzoek, van regionale methodologische sessies tot het leveren van de resultaten. Dit onderzoek zou nooit mogelijk zijn geweest zonder hun medewerking. Speciale dank gaat uit naar alle referenten alsmede Cedric Lardeux (ONFI), Anoumou Kemavo (ONFI), Adrien André (ONF) en Cécile Cazals (UPEM) voor hun steun bij de ontwikkeling van de methodologie. Alle auteurs danken de Europese Commissie, het Franse Wereldmilieufonds (FFEM), ONF Guyane, Région Guyane en WWF Guianas voor de financiering van dit onderzoek.

Aanbevolen citeerwijze:

Rahm M., Jullian B., Lauger A., de Carvalho R., Vale L., Totaram J., Cort K.A., Djojodikromo M., Hardjoprajitno M., Neri S., Vieira R., Watanabe E., do Carmo Brito M., Miranda P., Paloeng C., Moe Soe Let V., Crabbe S., Calmel M. (2015). *Toezicht op de gevolgen van goudwinning op het bosoppervlak en zoetwater in het Guyanaschild. Peiljaar 2014*. Project REDD+ voor het Guyanaschild en WWF Guianas. p.60

Contact: mathieu.rahm@onfinternational.com

Inhoudsopgave

Afkortingen	6
Samenvatting	8
1. Inleiding.....	11
1.1 Achtergrond.....	11
1.2 Eerdere onderzoeken	12
1.3 Organisatie en doelstellingen van het onderzoek	15
2. Materiaal en methodes	16
2.1 Studiegebied	16
2.2 Bosgebieden aangetast door goudwinning	17
2.2.1 Aanschaf beelden en materiaal	18
2.2.2 Voorbewerking	20
2.2.3 Kernbewerking.....	23
2.2.4 Levering, kwaliteitscontrole en samenstelling.....	26
2.2.5 Nauwkeurigheidsbeoordeling.....	26
2.3 Waterwegen mogelijk aangetast door goudwinning	27
2.3.1 Gegevens en materiaal	28
2.3.2 Voorbewerking	28
2.3.3 Kernbewerking.....	29
2.3.4 Levering en kwaliteitscontrole.....	29
2.3.5 Nauwkeurigheidsbeoordeling.....	30
3. Resultaten en discussies.....	31
3.1 Bosgebieden aangetast door goudwinning	31
3.1.1 Peiljaar 2014	31
3.1.2 Resultaten in vergelijking met peiljaren 2001 en 2008	36
3.1.3 Ruimtelijke verdeling van goudwinning.....	42
3.2 Waterwegen mogelijk aangetast door goudwinning	52
3.2.1 Peiljaar 2014	53
3.2.2 Resultaten in vergelijking met peiljaren 2001 en 2008	55
4. Conclusies en vooruitzichten.....	57
5. Bijlagen	59
6. Literatuurverwijzingen	61

Lijst van tabellen

<i>Tabel 1: Aantal beelden per satellietensor, aangeschaft en gebruikt tijdens het onderzoek</i>	19
<i>Tabel 2: Aantal benodigde controlepunten per grondgebied voor de validatie van de kaart betreffende ontbossing als gevolg van goudwinning in 2014</i>	26
<i>Tabel 3: Nauwkeurigheidsbeoordeling onduidelijkheid-matrix van het resultaat van de in kaart gebrachte goudmijnen op elk grondgebied en het onderzoeksgebied</i>	35
<i>Tabel 4: Overlapping tussen goudwinning ontbossing en de Greenstone belt</i>	42
<i>Tabel 5: Beschermde gebieden aangetast door goudwinning</i>	44
<i>Tabel 6: Statistieken van goudwinningsgebieden per grondgebied en op het niveau van het onderzoeksgebied voor peiljaren 2001, 2008 en 2014</i>	47

Lijst met cijfergegevens

<i>Figuur 1: Gevolgen van goudwinning in de grondgebieden (Van links naar rechts) van Guyana, Suriname, Frans-Guyana en Amapá in peiljaren 2001 en 2008</i>	13
<i>Figuur 2: Mogelijke gevolgen van goudwinning op zoetwater in 2001</i>	13
<i>Figuur 3: Mogelijke gevolgen van goudwinning op zoetwater in 2008²</i>	14
<i>Figuur 4: Onderzoeksgebied binnen het grote Guyanaschild (Bron: Forest (Hansen et al. 2013); Guiana Shield (aangepast van Guiana Shield facility (2012)))</i>	17
<i>Figuur 5: Methodologische stappen voor het bewaken van de goudwinning met gebruik van teledetectie</i>	18
<i>Figuur 6: dekking van de geselecteerde satellietbeelden aangeschaft in de periode 2012-2014 voor het onderzoeksgebied</i>	19
<i>Figuur 7: Bewerkingsstappen van de maskering van de wolken en de schaduwen van de wolken, namelijk de "geen gegevens"-maskering (in het wit). A) "geen gegevens"-maskering voor één landschap. B) "geen gegevens"-maskering voor alle landschappen met betrekking tot de productie-eenheid. C) Compilatie van de maskeringen (alleen permanente "geen gegevens" zijn zichtbaar). D) Clip van de mozaïek van de "geen gegevens"-maskering per productie-eenheid in het gebied</i>	22
<i>Figuur 8: Definitie van het type alluviale goudwinning met gebruik van het Classificatiesysteem Bodembedekking versie 3 software, ontwikkeld door de FAO</i>	25
<i>Figuur 9: Methodische werkwijze voor het produceren van de waterwegen die mogelijk zijn aangetast door goudwinning</i>	28
<i>Figuur 10: Illustratie van de direct en indirect door goudwinning aangetaste waterwegen</i>	29
<i>Figuur 11: Bosgebieden aangetast door goudwinning in peiljaar 2014</i>	31
<i>Figuur 12: Distributie van gegevensbron gebruikt in elk grondgebied voor het afbakenen van goudwinningsgebieden</i>	32
<i>Figuur 13: Hardnekkige bewolking in het onderzoeksgebied</i>	33
<i>Figuur 14: Percentage hardnekkige bewolking in elk grondgebied en in het gehele onderzoeksgebied</i>	33
<i>Figuur 15: Percentage mijnbouwgebieden per grondgebied op het niveau van het onderzoeksgebied in 2014</i> ..	36
<i>Figuur 16: Ontwikkeling van de gevolgen van goudwinning op het bosoppervlak per grondgebied sinds 2001, voor de drie peiljaren 2001-2008-2014</i>	37
<i>Figuur 17: Percentage mijnbouwgebieden per grondgebied op het niveau van het onderzoeksgebied in 2001, 2008 en 2014</i>	37
<i>Figuur 18: Trend van ontbossing als gevolg van goudwinningsactiviteiten in Amapá, Frans-Guyana, Guyana, Suriname en het onderzoeksgebied, tijdens peiljaren 2001-2008-2014</i>	38
<i>Figuur 19: Guyana's bruto nationaal product (BNP) in de huidige prijzen Landbouw, Bosbouw en Visserij, Goudwinning en Productie 2006-2011 (Bron: Singh et al., 2013)</i>	40
<i>Figuur 20: Prijs van 1kg goud van januari 2000 tot juli 2015 (Bron: Comptoir National d'or - beschikbaar via: www.gold.fr)</i>	41

<i>Figuur 21: Jaarlijkse goudproductie in Suriname (Bron: Thomson and Reuters, 2014 in: Legg et al., 2015)</i>	<i>41</i>
<i>Figuur 22: Overlapping tussen goudwinningsactiviteiten, beschermde gebieden en de Greenstone belt.....</i>	<i>44</i>
<i>Figuur 23: Zwaartepunt goudwinningsactiviteiten (aan de hand van de grootte van de mijnen) per grondgebied en onderzoeksgebied in peiljaren 2001, 2008 en 2014.</i>	<i>45</i>
<i>Figuur 24: Aantal goudmijnen per categorie; kleinschalig (0.5-10 ha), middelgroot (10-100 ha) en grootschalig (>100 ha) in Amapá, Frans-Guyana, Guyana en Suriname in 2001, 2008 en 2014.....</i>	<i>50</i>
<i>Figuur 25: Aandeel ontbossing als gevolg van goudwinning door kleinschalige (0.5-10 ha), middelgrote (10-100 ha) en grootschalige (>100 ha) mijnbouw in Amapá, Frans-Guyana, Guyana en Suriname in 2001, 2008 en 2014</i>	<i>51</i>
<i>Figuur 26: Percentage ontbossing veroorzaakt door kleinschalige, middelgrote en grootschalige goudwinning in 2001, 2008 en 2014.....</i>	<i>52</i>
<i>Figuur 27: Rivier aangetast door goudwinningsactiviteiten (zichtbaar troebel en met een niet-transparante beige-achtige kleur -Bron: ©ONF)</i>	<i>53</i>
<i>Figuur 28: Waterwegen mogelijk aangetast door goudwinning in peiljaar 2014.....</i>	<i>54</i>
<i>Figuur 29: Lengte en aandeel van waterwegen die mogelijk direct en indirect zijn aangetast door goudwinning in peiljaar 2014</i>	<i>55</i>
<i>Figuur 30: Directe impact van goudwinning op waterwegen in peiljaren 2001, 2008 en 2014.....</i>	<i>56</i>
<i>Figuur 31: mogelijk indirecte impact van goudwinning op waterwegen in peiljaren 2001, 2008 en 2014.....</i>	<i>56</i>

Lijst van bijlagen

<i>Bijlage 1: Onduidelijkheid- matrix van de nauwkeurigheidsbeoordeling van de in kaart gebrachte goudmijnen op elk grondgebied.....</i>	<i>59</i>
<i>Bijlage 2: Jaarlijkse verandering van bossen per periode & stimulans in de periode 1990 - 2013 (Bron: Guyana MRVS Interim Measures Report for Period January 1 to December 31, 2013)</i>	<i>60</i>
<i>Bijlage 3: Overlapping tussen beschermde gebieden en de Greenstone belt</i>	<i>60</i>
<i>Bijlage 4: Invloed van de aanwezigheid van de Greenstone belt op ontbossing in beschermde gebieden.....</i>	<i>60</i>

Afkortingen

BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières de France (Geologie en mijnbouw onderzoekscentrum in Frankrijk)
CIRAD	Center for International Research on Environment and Development (Centrum voor Internationaal Onderzoek naar Milieu en Ontwikkeling)
CGTIA	Coordenaria de Geoprocessamento e Tecnologia de Informação Ambiental do Amapá, Brasil (Coördinatiepunt voor het verwerken van geografische informatie en IT-milieu-informatie in Amapá, Brazilië)
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais do Brasil (Onderzoekscentrum Minerale Hulpbronnen in Brazilië)
DEAL Guyane	Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de la Guyane (Directoraat milieuzaken, openbare ruimte en volkshuisvesting van Guyana)
DIREN	Direction Régionale de l'Environnement (Regionaal directoraat milieuzaken)
HFLD	High Forest Low Deforestation (Groot Bosareaal Geringe Ontbossing)
GFC	Guyana Forestry Commission (Commissie Bosbouw Guyana)
GGMC	Guyana Geology and Mines Commission (Commissie Geologie en Mijnbouw Guyana)
GIS	Geographic Information System (Geografisch Informatiesysteem)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Braziliaans Instituut voor Milieu en Hernieuwbare Natuurlijke Hulpbronnen)
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Chico Mendes Instituut voor de Instandhouding van de Biodiversiteit)
IEF	Instituto Estadual de Florestas do Amapá, Brasil (Staatsbosinstituut van Amapá, Brazilië)
LCCS	Land Cover Classification System (Classificatiesysteem Bodembedekking)
LCML	Land Cover Meta Language (Meta-taal Bodembedekking)
LU LC	Land Use Land Cover (Bodemgebruik Bodembedekking)
MMU	Minimum Mapping Unit (Minimale Inventarisatie-unit)
MRVS	Monitoring, Reporting and Verification System (Systeem voor Monitoren, Rapporteren & Verifiëren)
NDWI	Normalized Difference Water Index (Genormaliseerde Index Waterverschil)
NIR	Near Infrared (Bijna Infrarood)
ONF	Office National des Forêts (Nationaal Bosbureau)
ONFI	ONF International (Internationaal Bosbureau)
REDD+	Vermindering van uitstoot als gevolg van ontbossing en bosdegradatie, bosbeheer, duurzaam beheer van bossen en uitbreiding van de opslag van koolstof in bossen.
SBB	Stichting voor Bosbeheer en Bostoezicht van Suriname

SEAS	Surveillance de l'Environnement Amazonien assistée par Satellite (Amazonische Milieusurveillance verkregen via satelliet)
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amapá (Secretariaat voor Milieu van de staat Amapá)
SRTM	Shuttle Radar Topografie Missie
USGS	United States Geological Survey (Amerikaanse Geologische Dienst)
WWF	World Wildlife Fund (WNF-Wereld Natuur Fonds)

Samenvatting

Suriname, Guyana, Frans-Guyana en de Braziliaanse staat Amapá zijn onderdeel van het ecosysteem van het Guyanaschild. In vergelijking met andere tropische bossen was dit bos, tot vijftien jaar geleden, amper bedreigd. Maar tegenwoordig zijn ontbossing en bosdegradatie een steeds grotere zorg in het Guyanaschild, vooral met betrekking tot goudwinning wat zich aanzienlijk heeft uitgebreid. Deze intensivering van goudwinningsactiviteiten is beïnvloed door de stijgende goudprijs, de economische depressie, de politieke instabiliteit en de instroom van Braziliaanse mijnwerkers nadat Brazilië de handhaving verbeterde van de wetten rond de integriteit van land van inheemse volken en landgebruik (Hammond *et al.*, 2007). Hoewel goudwinning bijdraagt tot de economische ontwikkeling van de regio, op het gebied van het genereren van inkomsten en het creëren van werkgelegenheid, heeft het daarentegen ook negatieve gevolgen voor het bos, voor zoetwater en voor biodiversiteit. Bosherstel na mijnbouw is traag en kwalitatief ondergeschikt in vergelijking met regeneratie na andere manieren van grondgebruik. In tegenstelling tot gebieden in nabijgelegen oerbossen blijven grote delen van gebieden waar winningsactiviteiten hebben plaatsgevonden kaal, met gras en stilstaand water. De grond, het water en de lucht zijn vervuild met kwik. Dit metaal wordt veel en in grote hoeveelheden gebruikt bij goudwinning, ook met gevolgen voor de volksgezondheid.

Door middel van het verwerken van hoge resolutie satellietbeelden, heeft ONF in 2010 aangetoond dat de effecten van goudwinning op het bosoppervlak en zoetwater in de regio bij benadering zijn verhoogd met factor drie, tussen 2001 en 2008. Meer recent hebben Alvarez-Berrios *et al.* (2015), gegevens met een lage resolutie gebruikt om aan te tonen dat tussen 2007 en 2013 ontbossing aanhoudend toeneemt als gevolg van goudwinning in de regio. Desalniettemin, de detectie van ontbossing met gegevens met een grove ruimtelijke resolutie is beperkt, vooral in het hoge bosoppervlak van het Guyanaschild waar activiteiten op kleine en middelgrote schaal plaatsvinden die verantwoordelijk zijn voor het merendeel van de ontbossing.

Met behulp van de juiste satellietgegevens is dit onderzoek gericht op het actualiseren van het eerdere ONF onderzoek uit 2010 en betreft het de periode 2008 - 2014. Het onderzoek, uitgevoerd in het kader van het REDD+ Guyanaschild project en medegefinancierd door WWF Guianas, werd uitgevoerd na een unieke samenwerking met een participatieve aanpak en een kernteam van deskundigen op het gebied van bosbouw- en milieudiensten uit elk gebied met betrekking tot het onderzoeksgebied, namelijk: SEMA (Amapá, Brazilië), ONF (Frans-Guyana, Frankrijk), GFC (Guyana) en SBB (Suriname). Onder coördinatie van ONFI was het doel om een solide, betrouwbare en transparante regionale methodologie te ontwikkelen en het bevorderen van regionale samenwerking, dialoog en het delen van kennis.

Na drie weken regionale vergaderingen en capaciteitsopbouwtrainingen, en één missie van het ONFI/ONF-coördinatieteam naar de instelling van elke partner om toe-eigening van de methodologie te verzekeren, hebben SEMA, ONF, GFC en SBB de resultaten van de gevolgen van goudwinning op het bosoppervlak en zoetwater voor hun eigen grondgebied opgesteld. Deze resultaten werden vervolgens samengevoegd op regionaal niveau, geverifieerd en beoordeeld op nauwkeurigheid door het ONFI/ONF-team.

Een totale oppervlakte van 160.850 hectare (d.w.z. 0,3% van het onderzoeksgebied) van gebieden waar goud wordt gewonnen zijn gedigitaliseerd op basis van de observatie van honderden midden-, hoog en zeer hoge resolutie satellietbeelden die zijn verworven tussen begin januari 2012 en eind december 2014. De totale ontbossing is ongelijk verdeeld over het onderzoeksgebied. Ongeveer 50% bevindt zich in Guyana, 34% in Suriname, 15% in Frans-Guyana en 1% in het noorden van Amapá.

De vergelijking met eerdere onderzoeksresultaten bevestigden de alarmerende constatering gemaakt door Alvarez-Berríos *et al.* (2015). Ontbossing als gevolg van goudwinning is verdubbeld tussen 2008 en 2014 (+92.406 ha) in vergelijking met de periode 2001-2008 (+46.144 ha). Echter, de ontwikkeling van ontbossing tijdens de laatste periode is per gebied verschillend. Het is verdubbeld in Suriname (+97%) en 4½ keer vermenigvuldigd in Guyana (+354%), wat de waargenomen vertraging compenseert die is waargenomen in Frans-Guyana (+16%) en Amapá (-14%) ten opzichte van de vorige periode.

Uit de ruimtelijke analyse van de resultaten blijkt dat goudwinningsactiviteiten zich westwaarts bewegen in de regio waar 84% van de totale ontbossing nu is gesitueerd in Suriname en Guyana, in vergelijking met 66% in 2008 en 61% in 2001. Het blijkt ook dat ontbossing veroorzaakt door goudwinning nauw samenhangt met de aanwezigheid van de Greenstone belt, een geologische formatie die bekend staat om zijn grote goudreserve, vooral in Suriname dat voor 99% overlapt met de Greenstone belt. Frans-Guyana heeft veruit de meeste conflictgebieden met beschermde gebieden (4.000 ha), maar ook het hoogste percentage beschermde gebieden dat overlapt met de Greenstone belt (18%), waardoor deze gebieden bijzonder kwetsbaar zijn voor goudwinning.

Het aandeel van ontbossing veroorzaakt door kleinschalige, middelgrote en grootschalige goudwinning, wat betreft getroffen oppervlak in dit onderzoek, is in de loop der tijd groter geworden. Hoewel de trend verschilt per gebied, dragen grootschalige operaties (> 100 ha) in groeiende mate bij aan ontbossing in de afgelopen jaren en leveren nu een belangrijke bijdrage op regionale schaal met 50% in vergelijking tot 35% in 2001. Middelgrote operaties (10-100 ha) die het meest hebben bijgedragen aan ontbossing in 2001 met 52%, volgen juist een tegenovergestelde trend. Het aandeel van ontbossing als gevolg van kleinschalige goudwinning (<10 ha) is in de loop der jaren stabiel gebleven (circa 15%).

Door de analyses van de verschillende goudwinnings- en stroomgebieden tegen elkaar af te zetten, kwam aan het licht dat meer dan 39.805 km waterwegen mogelijk zijn aangetast als gevolg van goudwinning en dat 22,5% van deze waterwegen in direct contact staat met goudwinningsactiviteiten (9.347,9 km).

Hoewel Guyana beschikt over het grotere netwerk van rivieren dat mogelijk is aangetast (13.534 km), heeft het ook een van de laagste verhouding directe/indirecte impact (circa 1:6). Dit wordt deels verklaard door de aanwezigheid van enkele kleine goudmijnen gesitueerd in het uiterste zuiden van het land (ver van de kust), wat een potentiële directe impact over een lengte van ongeveer 2.500 km veroorzaakt. Suriname heeft de hoogste verhouding directe/indirecte impact (circa 1:2) en heeft veruit het langste netwerk van waterwegen dat in direct contact staat met goudwinningsactiviteiten (4.989,1 km). Dit kan worden verklaard door de aanwezigheid van grotere mijnen in vergelijking met de andere gebieden, maar ook door de hoge concentratie van activiteiten rondom de Brokopondo waterkrachtcentrale vlakbij de grens met Frans-Guyana. Alhoewel de directe impact minder groot is in Frans-Guyana, komt de indirecte impact meer in de richting van die in Suriname. Dit komt door de brede spreiding van de activiteit over het gebied in vergelijking met Suriname waar de activiteiten vooral plaatsvinden in de buurt van de grens met Frans-Guyana. Deze hoge concentratie van Surinaamse en Franse activiteiten vlakbij de grens suggereren een grote impact op de rivieren in de regio, vooral de Maroni rivier die langs de grens van de twee gebieden stroomt. Veel gemeenschappen in het binnenland van Suriname zijn niet aangesloten op het openbare waternet. De slechte kwaliteit van het water is een groot probleem omdat het ziektes als diarree en andere door water overgedragen ziektes veroorzaakt. Dit speelt vooral een rol in het droge seizoen als er geen regenwater als alternatief is (Heemskerk en Oliviera 2003).

Het vergelijken van de resultaten van mogelijk aangetaste waterwegen in het peiljaar 2014 aan de hand van het onderzoek 2001-2008 was een uitdaging. Vooral omdat de nauwkeurigheid van de SRTM-gegevens die zijn gebruikt om het stroomgebied te genereren drie keer hoger was in 2014 (30m) dan in 2001-2008 (90m). Desalniettemin, de afgelopen jaren zijn de gevolgen van de aantasting toegenomen in de regio. De stijging van de directe impact is vooral hoog, aangezien dit zich heeft vermeerderd met 541% sinds 2001, in vergelijking met 171% indirecte impact. Dit is voornamelijk te wijten aan de toename van de activiteiten in de loop der jaren rondom oudere mijnen, in het bijzonder gestuurd door de aanwezigheid van de Greenstone belt en de bereikbaarheid van het gebied. Deze nieuwe mijngebieden hebben indirect impact op de rivieren die al te maken hadden gekregen met de gevolgen van de oudere mijnen.

De resultaten van de impact van goudwinning op waterwegen geeft een indicatie van de potentiële verspreiding van vervuulende stoffen, zoals kwik dat terechtkomt in het milieu via het rivierengebied. Echter, onlangs verzameld bewijs geeft aan dat de impact van kwik toegepast in goudwinning wordt onderschat als alleen de impact van neerwaartse stroming in aanmerking wordt genomen (Ouboter *et al.*, 2012) en dat specifiek onderzoek nodig is om meer inzicht te krijgen in de onderlinge relatie tussen mijnbouwactiviteiten en het milieu.

De informatie in dit rapport zou moeten worden gekoppeld aan meer beschikbare gegevens, niet alleen gegevens uit het veld, maar ook meer specifieke contextuele elementen die bijdragen aan het ontcijferen van de gegevens, vooral op het gebied van lokale praktijken, het wettelijk kader (per land verschillend) en beleid en maatregelen ontwikkeld door landen om de impact van de gevolgen van goudwinning op het milieu te beperken. Voordat de bewakingsinstrumenten en de analyse die kan worden gemaakt van de geproduceerde gegevens kunnen worden verbeterd, moet eerst dit type onderzoek worden herhaald met dezelfde gezamenlijke aanpak. Een grensoverschrijdende aanpak en analyse is noodzakelijk om te begrijpen wat de mogelijke effecten kunnen zijn van nieuw beleid en nieuwe maatregelen op het verplaatsen van goudwinningsactiviteiten, zoals waargenomen in dit onderzoek. Samenwerking maakt de ontwikkeling mogelijk van solide en betrouwbare instrumenten en faciliteert capaciteitsopbouw van organisaties die direct betrokken zijn bij het produceren van data en het uitvoeren van analyses. Maar, het maakt het vooral mogelijk om een consistente en gedeelde visie te ontwikkelen op de situatie in de regio.

Gezien de aanhoudende intensivering van goudwinningsactiviteiten in de regio sinds 2001 en de bezorgdheid over ontbossing, de kwaliteit van het water, het milieu en volksgezondheid, is het inmiddels zeer dringend geworden dat landen hun kennis en begrip verbeteren over de gevolgen van goudwinningsactiviteiten, inclusief het handhaven van regulering.

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Gelegen in het noordoostelijke deel van Zuid-Amerika, zijn de Braziliaanse staat Amapá en de Guyana's onderdeel van het Guyanaschild. De ecoregio Guyanaschild herbergt een spectaculaire biodiversiteit, met een grote verscheidenheid aan diersoorten en een hoog niveau van endemie. Met meer dan 85% aan bosoppervlak en met een traditioneel ontbossingspercentage onder 0,1%, worden de Guyana's, bestaande uit Guyana, Suriname en Frans-Guyana¹, net als slechts drie andere landen ter wereld, beschouwd als HFLD-landen, dwz "High Forest Low Deforestation" (Groot Bosareaal Geringe Ontbossing) (Griscom *et al.*, 2009). Deze HFLD-landen, waarmee de staat Amapá vergelijkbare kenmerken vertoont (da Fonseca *et al.*, 2007), vertegenwoordigen 10,5% van de wereldwijde koolstofvoorraad. Gezamenlijk vormen de vier administratieve entiteiten een uniek ecosysteem dat een cruciale rol speelt in het tegengaan van klimaatverandering, het behoud van biodiversiteit, het reguleren van enorme hoeveelheden zoetwater en het verstrekken van een belangrijke bron van goederen en diensten voor vele lokale en inheemse gemeenschappen.

Tot vijftien jaar geleden was het Guyanaschild, in vergelijking met andere tropische bossen, minimaal bedreigd. Maar de ontluikende economische en demografische ontwikkelingen hebben geleid tot toenemende druk op dit kwetsbare natuurlijke ecosysteem. Ontbossing en bosdegradatie zijn een toenemende zorg in de regio, vooral in relatie tot goudwinningsactiviteiten die momenteel een van de belangrijkste drijfkrachten in de regio zijn. De rotsformatie van de Guyanaschild-regio is een voortzetting van de Afrikaanse Goudkust, rijk aan goud en andere mineralen, zoals bauxiet, diamanten en ijzer (Hammond *et al.*, 2007). Sinds eind jaren '80 worden er minder mineralen gewonnen, maar de goudproductie kent daarentegen een aanzienlijke groei (Hammond *et al.*, 2007). De verschijnselen werden voor het eerst zichtbaar in het begin van de jaren '90, toen de Braziliaanse overheid het toezicht op kleinschalige mijnbouw versterkte, evenals de regelgeving. Dit leidde ertoe dat veel Braziliaanse mijnwerkers, de zogenaamde '*garimpeiros*', of, goudzoekers, naar de Guyana's vertrokken omdat daar minder bureaucratie was en de controles ook minder streng waren (WWF Guianas, 2012). De goudkoorts nam een paar jaar later toe, toen de *garimpeiros* de kleinschalige mijnbouw in de Guyana's moderniseerden door het concept van mijnbouw ter voorziening in de kosten van levensonderhoud te vervangen voor het concept van mijnbouw voor winst (Veiga, 1997). Tussen 1990 en 2004 namen de goudwinningsactiviteiten snel toe in deze regio onder invloed van de stijgende goudprijs, de liberalisering van de internationale goudmarkt, de economische depressie, de politieke instabiliteit en de instroom van Braziliaanse mijnwerkers nadat Brazilië de handhaving verbeterde van de wetten rond de integriteit van land van inheemse volken en landgebruik (Hammond *et al.*, 2007). Sindsdien is het verlies aan bosoppervlak als gevolg van goudwinning in het Guyanaschild alsmaar toegenomen. In het verleden waren juist operaties op kleine en middelgrote schaal vooral verantwoordelijk voor ontbossing, maar nu zijn het juist de grootschalige operaties, waarschijnlijk opererend onder strenge regelgeving, die steeds meer verantwoordelijk zijn voor ontbossing in de regio.

Hoewel goudwinning een belangrijke factor is in het bijdragen tot de economische ontwikkeling, wat betreft het genereren van inkomsten en het creëren van werkgelegenheid, heeft het zeer belangrijke

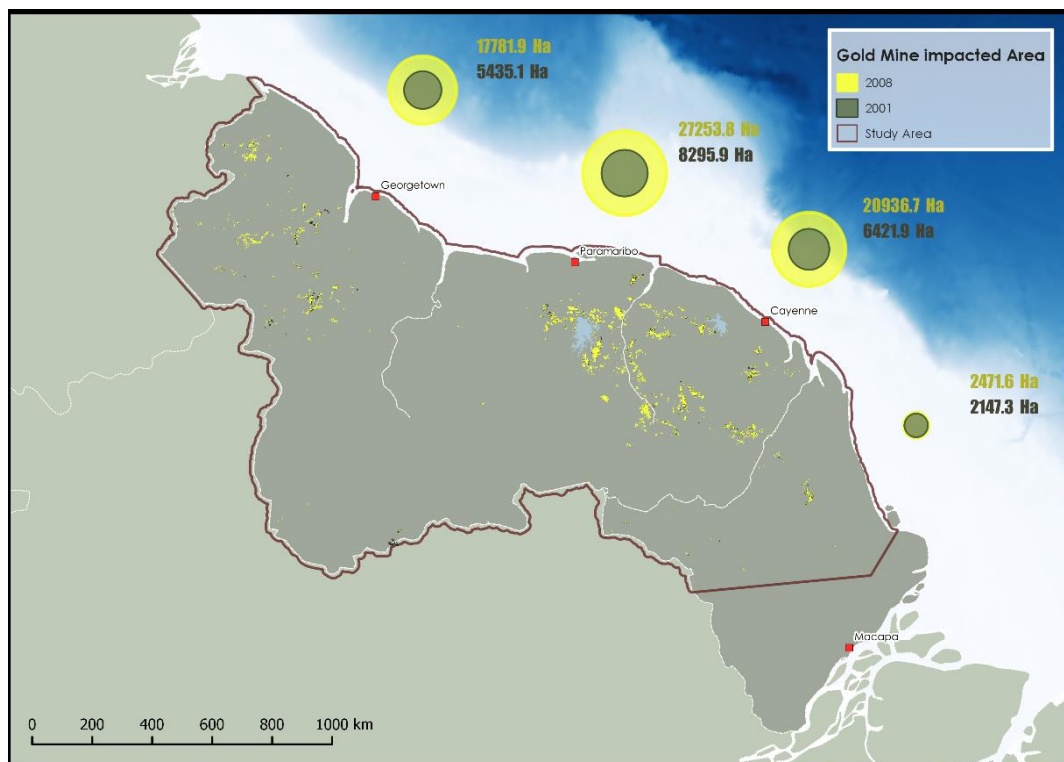
¹ Frans-Guyana wordt niet beschouwd als een land in zijn eigen recht en is als zodanig geen officieel HFLD-land, ondanks een hoog bosoppervlak en een lage trend in ontbossing in vergelijking met Guyana en Suriname.

directe en indirecte gevolgen voor bossen, zoetwater, plant- en diersoorten en de volksgezondheid. De vervuiling van rivieren en stromen met kwik dat wordt gebruikt in kleinschalige goudwinning neemt toe, wat de risico's verhoogt voor de gezondheid van de lokale bevolking en de zoetwater biodiversiteit. Sinds de recente combinatie van de financiële crisis van 2007-2008 en de aanhoudende stijging van de goudprijs, komen beboste gebieden en stroomgebieden onder nog meer druk te staan als gevolg van goudwinning. Daarnaast worden de uitdagingen die gepaard gaan met het reguleren van de sector ook groter (WWF Guianas, 2012).

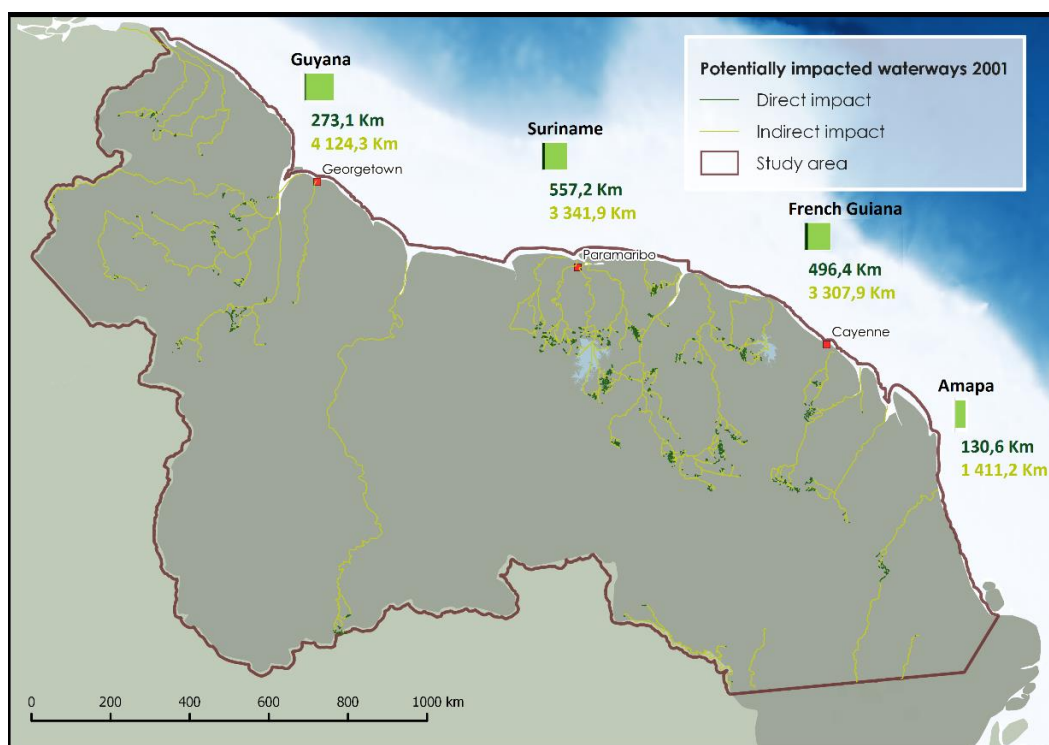
1.2 Eerdere onderzoeken

In 2010 hebben ONF en CIRAD de resultaten gepubliceerd van een eerste kwantitatief onderzoek, gefinancierd door WWF Guianas, met betrekking tot de gevolgen van goudwinning op het bosoppervlak en zoetwater in het Guyanaschild op regionale schaal (ONF, 2010). Het onderzoeksgebied omvatte Guyana, Suriname, Frans-Guyana en het noorden van de Braziliaanse staat Amapá. Twee peildata werden vergeleken: 2001 (begin van de goudkoorts veroorzaakt door de stijging van de goudprijs) en 2008. Honderden satellietbeelden met een hoge en middelhoge resolutie, afkomstig van SPOT5 (10m), SPOT4 (20m) en Landsat 5 en 7 (30m), zijn aangeschaft in een periode van twee jaar. Deze beelden ondergingen een foto-interpretatie gericht op het kwantificeren van de impact van goudwinning op het bosoppervlak (Figuur 1). De mogelijke directe en indirecte gevolgen van goudwinning op de kwaliteit van rivierwater zijn ook beoordeeld aan de hand van een combinatie van het stroomgebied (geproduceerd aan de hand van de vrij beschikbare Shuttle Radar Topografie Missie (SRTM)-gegevens op 90m resolutie) en de ruimtelijke locaties van mijnen. De directe gevolgen worden gekenmerkt door het deel van de waterweg dat in direct contact staat met de mijn en de indirecte gevolgen worden gekenmerkt door de benedenloop van de waterweg van het direct getroffen deel (Figuur 2 en Figuur 3).

De resultaten van dit eerste onderzoek tonen aan dat de goudwinningsactiviteiten in de regio toenemen. Ontbossing als het gevolg van goudwinning is verdrievoudigd in Guyana, Suriname en Frans-Guyana, maar is relatief stabiel gebleven in het noorden van Amapá. De directe gevolgen van de activiteit op zoetwater volgen dezelfde trend.

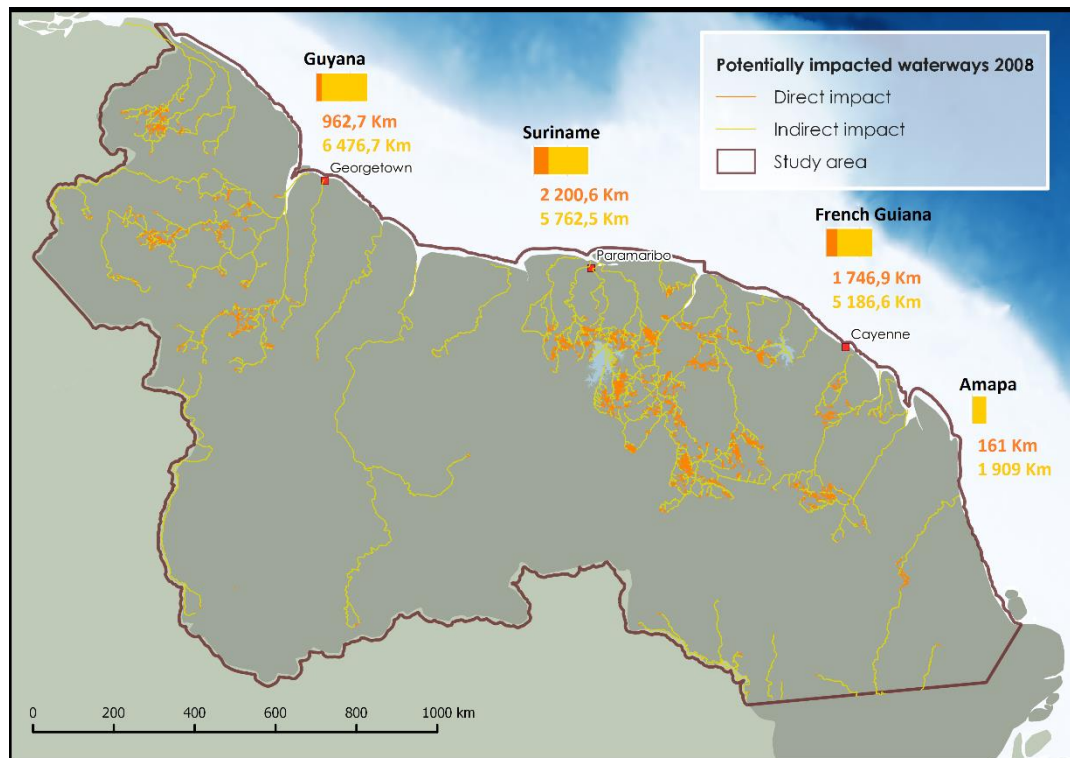


FIGUUR 1: GEVOLGEN VAN GOUDWINNING IN DE GRONDGEBIEDEN (VAN LINKS NAAR RECHTS) VAN GUYANA, SURINAME, FRANS-GUYANA EN AMAPÁ IN PEILJAREN 2001 EN 2008



FIGUUR 2: MOGELIJKE GEVOLGEN VAN GOUDWINNING OP ZOETWATER IN 2001²

² Deze kaart geeft geen landsgrenzen weer, maar alleen de waterwegen die zijn aangetast door goudwinningsactiviteiten.



FIGUUR 3: MOGELIJKE GEVOLGEN VAN GOUDWINNING OP ZOETWATER IN 2008²

Meer recent publiceerden Alvarez-Berríos *et al.* (2015) een onderzoek over de omvang van veranderingen in bossen gerelateerd aan goudwinning tussen 2001 en 2013 in de onder de 1000m voornamelijk vochtige, breedbladige bioom van Zuid-Amerika (Olson *et al.*, 2001). MODIS-satellietbeelden op 250m resolutie werden gebruikt om veranderingen in het bosoppervlak gerelateerd aan goudwinning in kaart te brengen gedurende de periodes 2001–2006 en 2007–2013, d.w.z. vóór en na de wereldwijde financiële crisis van 2007-2008.

Het resultaat van dit onderzoek laat zien dat ontbossing significant hoger was gedurende de periode 2007–2013. De auteurs associëren deze versnelling met de toename van de wereldwijde vraag naar goud na de internationale financiële crisis. Meer dan 90% van de ontbossing heeft plaatsgevonden in vier belangrijke kritieke gebieden: Guyaans vochtig bos ecoregio (41%), zuidwestelijke Amazone vochtig bos ecoregio (28%), Tapajós-Xingú vochtig bos ecoregio (11%) en Magdalena Vallei bergbosgebied en Magdalena-Urabá vochtig bos ecoregio (9%). Gezien de huidige goudkoorts en de aanwezigheid van goudwinning in afgelegen gebieden met een hoge biodiversiteit, vooral in het Guyanaschild, benadrukt dit onderzoek de dringende behoefte aan betere informatie over de verdeling van de goudmijnen in de regio. Alhoewel MODIS-gegevens nuttig zijn voor het toezicht houden op mijnactiviteiten op grote schaal, zoals in de Amazone bioom, is de lage ruimtelijke resolutie niet geschikt om ontbossing te detecteren in het Guyanaschild waar kleinschalige en middelgrote activiteiten verantwoordelijk zijn voor het grootste deel van de ontbossing. Daarom is hier het gebruik van hogere resolutie vereist om de gevolgen van goudwinning met een betrouwbare nauwkeurigheid te meten.

1.3 Organisatie en doelstellingen van het onderzoek

Dit onderzoek, medegefinancierd door het project *REDD+ voor het Guyanaschild* en WWF Guianas, werd uitgevoerd na een unieke samenwerking met een participatieve aanpak en een kernteam van deskundigen op het gebied van bosbouw- en milieudiensten uit elk gebied, namelijk: de Braziliaanse staat Amapá, Frans-Guyana, Suriname en Guyana. Met behulp van regionale teamvergaderingen en capaciteitsopbouwtrainingen werd het kernteam betrokken bij de gehele productieketen: van de ontwikkeling van de methodologie tot de uiteindelijke levering van het product. Het onderzoek werd gecoördineerd door ONF International en werd technisch geleid in samenwerking met ONF Guyana, ook betrokken bij het eerder uitgevoerde onderzoek in de periode 2001-2008.

De belangrijkste doelstelling van de productie was tweeledig:

1. Kwantificeren en in kaart brengen van bosgebieden en de omvang van de waterwegen die zijn aangetast door goudwinning in het Guyanaschild in het peiljaar 2014, met behulp van hoge resolutie satellietgegevens.

De bevindingen zijn bedoeld voor het actualiseren van de resultaten die zijn vrijgegeven door ONF en CIRAD voor de peilpunten in 2001 en 2008. Wat betreft deze twee peilpunten: voor dit onderzoek zijn satellietbeelden aangeschaft binnen een tijdsbestek van twee jaar, d.w.z. tussen 2012 en 2014.

2. Het analyseren van de resultaten door statische informatie te extraheren en deze te vergelijken met het eerder uitgevoerde onderzoek om een beter begrip te krijgen van de dynamiek van goudwinningsactiviteiten in de regio.

Naast de doelstelling om gegevens te produceren, is het onderzoek ook gericht op:

- Het aanmoedigen van regionale samenwerking, dialoog en het delen van kennis om tot een gezamenlijk begrip te komen van de context en het belang van toezicht houden op goudwinning op regionale schaal;
- Het ontwikkelen van een degelijke, betrouwbare en transparante regionale methodologie om toezicht te houden op de gevolgen van goudwinning voor het bosoppervlak en zoetwater, met gebruik van hoge resolutie satellietbeelden en open source software.

Dit rapport geeft de resultaten weer van dit onderzoek in de volgende drie belangrijkste hoofdstukken: (2) Materiaal en methodes, (3) Resultaten en discussies, en (4) Conclusies en vooruitzichten.

2. Materiaal en methodes

De toegepaste materialen en methodes in dit onderzoek om de gevolgen van goudwinning op het bosoppervlak en zoetwater in kaart te brengen, zijn volgens bepaalde voorwaarden gedefinieerd:

- De resultaten moeten vergelijkbaar zijn met de resultaten van het eerder uitgevoerde onderzoek door ONF/CIRAD in 2010;
- De deskundigen van de bosdiensten uit elk gebied moeten vergelijkbare kenmerken van gegevensbestanden gebruiken, evenals gemeenschappelijke methodologie en instrumenten.

Daartoe is een kernteam opgericht van deskundigen van bosbouwdiensten uit Guyana (Guyana Bosbouw Commissie (GFC)), Suriname (Stichting voor Bosbeheer en Bostoezicht van Suriname (SBB)), Frans-Guyana (Nationaal Bosbureau van Guyana (ONF)), en het Secretariaat voor Milieu in Amapá (SEMA). De deskundigen waren belast met de uitvoering van de methodologie voor hun eigen grondgebied. Gedurende drie weken is het kernteam van deskundigen bijeengekomen in Frans-Guyana voor technische discussies en capaciteitsopbouwtrainingen over de methodologie, onder coördinatie van ONF en ONF International. Na deze sessies werden gedetailleerde handleidingen verstrekt en een team van toezichthouders van ONF International en ONF heeft elk instituut bezocht om zich ervan te verzekeren dat de methodologie correct werd toegepast door elke deskundige van het kernteam.

2.1 Studiegebied

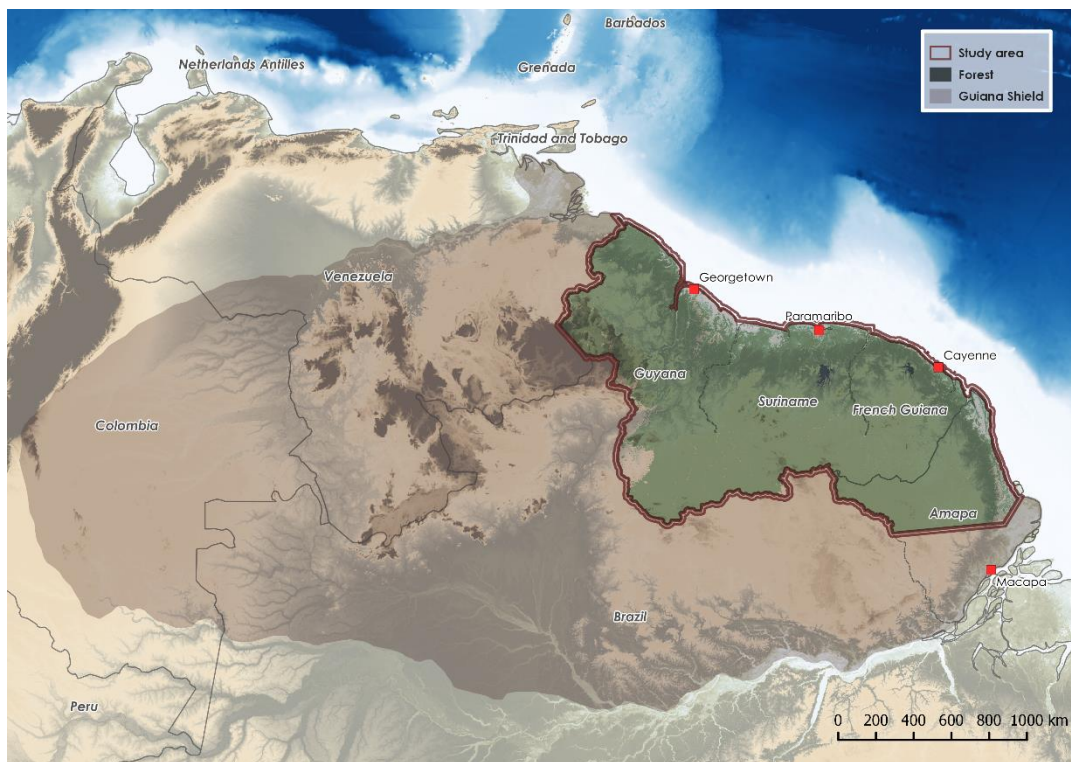
Net als het studiegebied van het eerder uitgevoerde onderzoek door ONF/CIRAD, beslaat ook dit studiegebied een terrein van 521.949 m², met inbegrip van het noordelijk deel van de Braziliaanse staat Amapá, Frans-Guyana (Frankrijk), Guyana en Suriname (Figuur 4). Het aandeel bestreken land per grondgebied is respectievelijk 15,5%, 16%, 40,2% en 28,2%.

Inbegrepen in het grotere Guyanaschild ecosysteem, vormt het studiegebied onderdeel van het grootste deel ongerepte tropische bossen in de wereld. Het bosoppervlak, 92% van het studiegebied in 2000 (Hansen *et al.*, 2013), is een van de grootste ter wereld. Sterker nog, bovenaan in de top 5 staat Frans-Guyana, een Frans departement, gevolgd door Suriname. Dit land bezit het grootste bosoppervlak van alle landen ter wereld (FRA, 2010; GFC en Pöyry, 2011). Ongeveer 95% van het bos in Frans-Guyana en Suriname is geclassificeerd als 'oerbos' (FRA, 2010).

In het gehele onderzoeksgebied bevinden zich beschermde gebieden, maar de dekking van het totale landoppervlak varieert sterk per land. Het noorden van de staat Amapá levert een aanzienlijke bijdrage doordat 52,3% van het grondgebied beschermd is, terwijl respectievelijk 29,3%, 13,3% en 5,5% van het grondgebied van Frans-Guyana, Suriname en Guyana beschermd zijn. Het Amazonische Park van Guyana (PAG) in het zuiden van Frans-Guyana, wat het grootste beschermde gebied van de Guyana's is, grenst aan het netwerk van de beschermde gebieden in Amapá, inclusief het Nationaal Park Tumucumaque. Deze connectie creëert een prachtig beschermd gebied van 12 miljoen hectare. Dit is het grootste beschermde tropische bos ter wereld. Deze grote beschermde gebieden zijn van belang voor de bescherming van zeldzame leefgebieden, het behoud van ecologische processen en het voortbestaan van soorten die afhankelijk zijn van grote grondgebieden, zoals de harpij adelaar en de jaguar (WWF Guianas, 2012).

Een uitgebreid complex van wetlands, stromen en rivieren wordt afgevoerd via de savannes, regenwouden en hooglanden in het studiegebied naar de Atlantische Oceaan. Ook hier staat de regio bovenaan in de statistieken wat betreft overtollig water. Landen met overtollig water zijn landen met meer dan 100.000 kubieke meter water per hoofd van de bevolking per jaar. De top vijf van landen met overtollig water bestaat uit Groenland, Frans-Guyana, IJsland, Guyana en Suriname (FAO-AQUASTAT, 2010).

De regio is ook rijk aan vele mineralen, waarbij de laatste jaren de industriële focus duidelijk is gaan liggen op de exploitatie van goud, bauxiet en aardolie. Goud leidt de winningssector in de regio op het gebied van personen betrokken bij de productie en de productieniveaus. In Guyana is goud verantwoordelijk voor circa 75% van de waarde van de productie van de mijnbouwsector (GGMC, 2010). De Greenstone belt, de geologische formatie die bekend staat om zijn grote goudreserve, bedekt ongeveer 50.000 km² van het onderzoeksgebied, hetgeen neerkomt op circa 9% van het gebied. De aanwezigheid van deze geologische formatie heeft een sterke impact op de ruimtelijke locatie van goudwinningsactiviteiten, aangezien 74% van de goudwinning gepresenteerd in dit onderzoek een overlapping heeft met de Greenstone belt (zie hieronder).

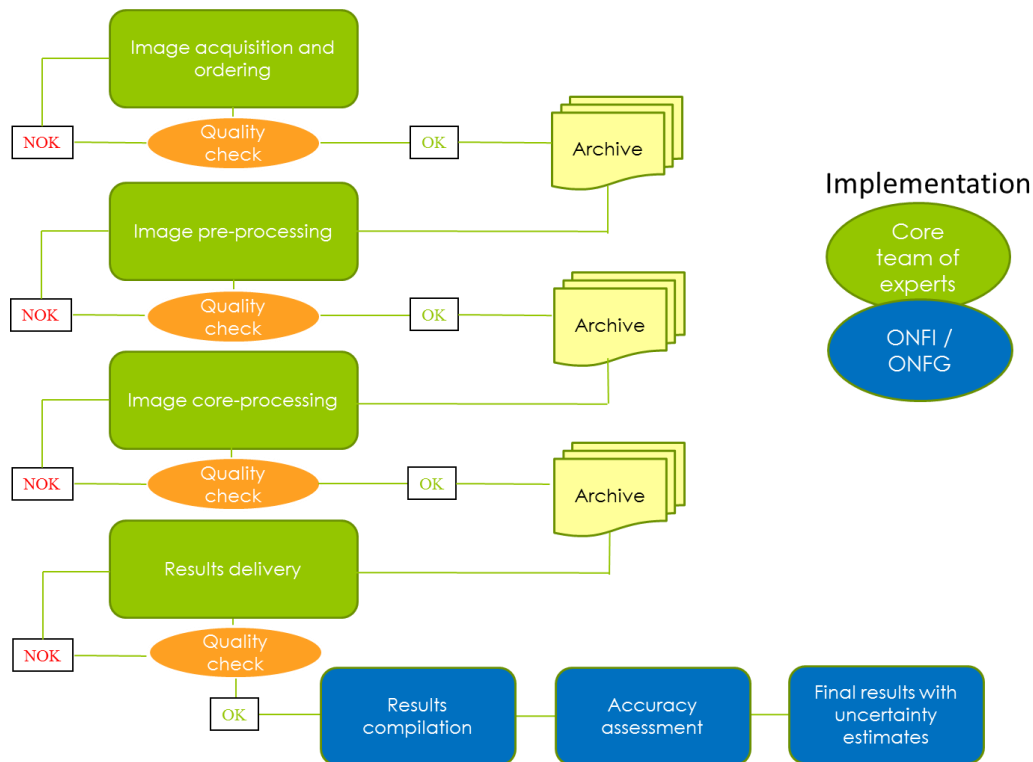


FIGUUR 4: ONDERZOEKSGBIED BINNEN HET GROTE GUYANASCHILD (BRON: FOREST (HANSEN ET AL. 2013); GUIANA SHIELD (AANGEPAST VAN GUIANA SHIELD FACILITY (2012)))

2.2 Bosgebieden aangetast door goudwinning

Figuur 5 toont de belangrijkste stappen in de productieketen die is gericht op het ontwikkelen van een solide, betrouwbaar en transparant bewakingsprogramma op regionaal niveau: van de aanschaf van beelden tot het leveren van de resultaten door elk afzonderlijk kernteam. Het gehele proces is besproken met de deskundigen van het kernteam tijdens de capaciteitsopbouwtrainingen. Deze

training zijn gedurende drie weken georganiseerd in Frans-Guyana aan het begin van het onderzoek (een week in november 2014 en twee weken in januari 2015). Elke stap wordt beschreven in de volgende hoofdstukken volgens de volgorde van de productieketen.

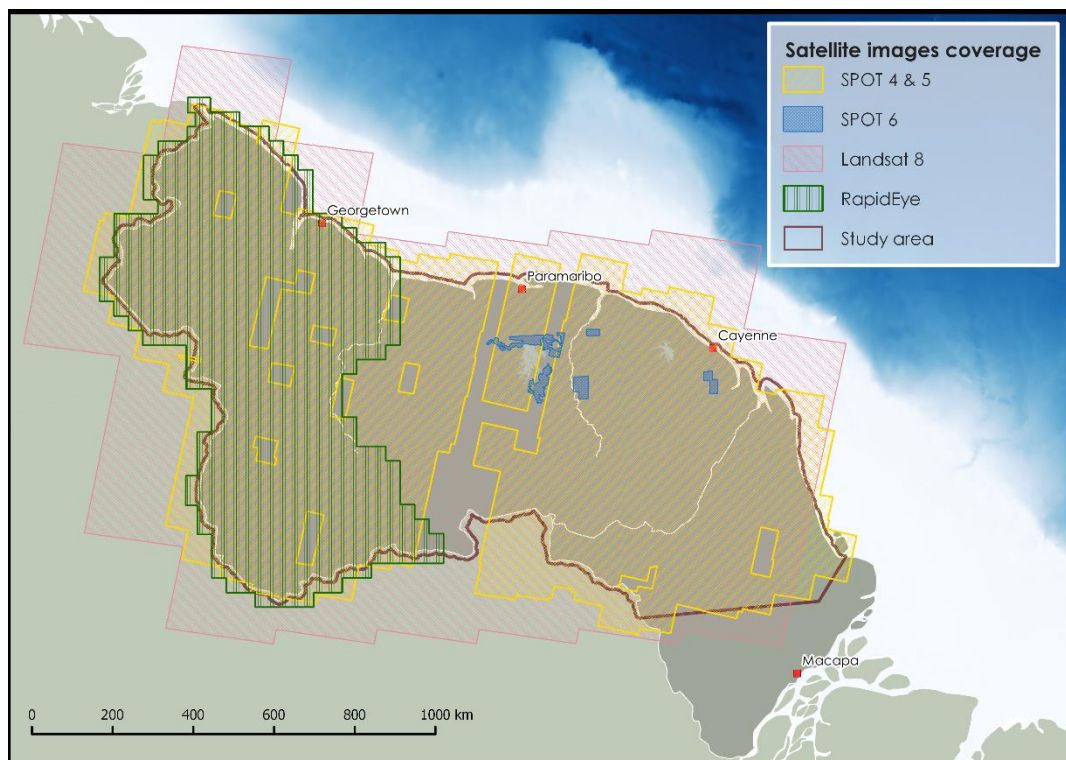


FIGUUR 5: METHODOLOGISCHE STAPPEN VOOR HET BEWAKEN VAN DE GOUDWINNING MET GEBRUIK VAN TELEDETECTIE

2.2.1 Aanschaf beelden en materiaal

Om het probleem van hardnekkige bewolking in de regio op te lossen had dit onderzoek een groot aantal satellietbeelden nodig, alsmede een combinatie van sensoren (Figuur 6). Tabel 1 toont in detail het aantal beschikbare beelden voor elke afzonderlijke sensor en het aantal beelden dat is gebruikt om de goudwinningsgebieden te digitaliseren. In totaal werden 1300 beelden aangeschaft in de periode 2012 - 2014. Vervolgens werden de beelden geselecteerd met een wolkenbedekking tot 60%. Circa 20% van het totale aantal aangeschafte beelden is gebruikt om de goudwinningsactiviteiten te digitaliseren en nog veel meer beelden werden gebruikt om het volledige gebied te visualiseren.³

³ SPOT6 wordt uitgedrukt in bedekt gebied en niet in het aantal landschappen



FIGUUR 6: DEKKING VAN DE GESELECTEERDE SATELLIETBEELDEN AANGESCHAFT IN DE PERIODE 2012-2014 VOOR HET ONDERZOEKSGBIED

	SPOT 4	SPOT 5	LANDSAT 8	RAPIDEYE	Totaal	SPOT 6
Aantal aangeschafte beelden	194	619	31	456	1300	4500 km ²
Aantal beelden gebruikt voor het digitaliseren van goudwinning	10	84	19	123	236	3000 km ²

TABEL 1: AANTAL BEELDEN PER SATELLIETSENSOR, AANGESCHAFT EN GEBRUIKT TIJDENS HET ONDERZOEK

De archiefcatalogus van SPOT4 en SPOT5 gegevens in de periode 2012-2014 is beschikbaar gesteld voor het gehele onderzoeksgebied door middel van een zakelijke overeenkomst tussen ONF, als eigenaar van het project *REDD+ voor het Guyanaschild*, het SEAS⁴-satellietontvangststation van French Guiana Région en Airbus Defense and Space. Deze overeenkomst omvatte een beperkte toegang tot SPOT6-gegevens voor elk gebied. Ook zijn RapidEye-beelden, eind 2013 aangeschaft door Guyana, gebruikt om de minder volledige SPOT-dekking in het land te compenseren. Landsat 8-gegevens zijn gratis te downloaden via het platform EarthExplorer van de Amerikaanse geologische dienst (USGS)⁵.

⁴ Surveillance de l'Environnement Amazonien par Satellite

⁵ <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Bij de selectie van de satellietbeelden is voorrang gegeven aan de meest recente landschappen. Echter, om de dekking te verhogen werd een bereik geaccepteerd tot 2 jaar, van januari 2012 tot december 2014. Hoewel voorrang werd gegeven aan beelden met de hoogste resolutie, zoals SPOT 5 of Rapideye, werden op dezelfde manier Landsat-gegevens gebruikt met een gemiddelde resolutie om leemtes op te vullen of om meer recente informatie te verzamelen.

Er is een catalogus samengesteld met behulp van QGIS⁶ om de grote hoeveelheid verzamelde gegevens te organiseren en om binnen het onderzoeksgebied het identificatieproces van de beelden te vergemakkelijken. De catalogus bevat het bedekkingsgebied van elk afzonderlijk SPOT- en Landsat-beeld, zoals: beeld-identificatie, sensor, aanschafdatum, bewolgingspercentage, ruimtelijke resolutie en spectrale informatie.

2.2.2 Voorbewerking

De methodologie bevat vijf voorbereidingsstappen. Drie stappen moeten verplicht worden uitgevoerd voordat de afbeelding kan worden gebruikt in de productie.

De drie verplichte stappen bestaan uit: (1) definiëren van het correcte projectiesysteem, (2) beeld-naar-beeld co-registratie met gebruik van een gedefinieerde ruimtelijke referentie, en (3) wolken maskeren. Deze stappen zijn gericht op het waarborgen van nauwkeurige ruimtelijke informatie en het rapporteren van niet-geobserveerde gebieden (d.w.z. gebieden die zijn geregistreerd als niet beschikbaar) vanwege wolkenbedekking die niet kon worden verminderd.

De laatste twee stappen zijn optioneel en ontwikkeld om de uitvoerder te helpen met het opsporen van mijnbouwactiviteiten.

2.3.1.1 Projectiesysteem

Elke deskundige heeft gebruik gemaakt van het officiële projectiesysteem van zijn grondgebied om, waar nodig, het gebruik van aanvullende GIS-gegevens te vergemakkelijken. Deze officiële projectiesystemen zijn geïdentificeerd voordat het team van toezichthouders de productie startte.

Als de resultaten van de grondgebieden eenmaal zijn afgeleverd worden deze samengevoegd en opnieuw geprojecteerd in het internationale projectiesysteem *WGS 84 / Pseudo-Mercator*.

2.3.1.2 Beeld-naar-beeld co-registratie

Beeld-naar-beeld co-registratie bestaat uit het geometrisch uitlijnen van twee of meer afbeeldingen om de corresponderende pixels die dezelfde objecten representeren te integreren of samen te voegen. Nauwkeurige beeld-naar-beeld co-registratie moet worden gewaarborgd voor alle beeldverwerkende (multi-temporeel en multi-sensor) gegevensbestanden, omdat onvoldoende ruimte verschillende onduidelijkheden tot gevolg heeft. Dit kan niet alleen leiden tot de detectie van artefact-veranderingen (Sundaresan *et al.*, 2007), maar ook tot de onjuiste ruimtelijke afbakening van goudmijnen. De resulterende verwerkte afbeeldingen (multi-temporeel en multi-sensor) die zijn gebruikt in het onderzoek moeten voldoende nauwkeurig de positie weergeven met betrekking tot een extern ruimtelijk referentiesysteem. Dit maakt het mogelijk om deze afbeeldingen te combineren met andere thematische ruimtelijke GIS-gegevens, zoals beschermde gebieden, topografische kaarten of GPS-

⁶ QGIS is een gratis en open source Geografisch Informatiesysteem (GIS), toegepast om alle stappen van de methodiek uit te voeren.

veldmetingen, voor een latere analyse. Daarnaast vereist langdurig toezicht de handhaving van de geometrische stabiliteit van de beeldbank gedurende meerdere decennia.

Alle afbeeldingen die tijdens het onderzoek zijn verkregen, zijn standaard geometrisch gecorrigeerde gegevens van de desbetreffende verstrekker van de satellietgegevens. De eerste evaluatie van de relatieve ruimte tussen deze overkoepelende gegevens heeft aanzienlijke ruimtelijke verschuivingen aangetoond tussen de meeste gegevens, inclusief gegevens verkregen door dezelfde sensor. In dit verband is een ruimtelijk referentiesysteem nodig dat zowel in ruimte als in tijd coherent is, zodat de ruimtelijke uitlijning van alle gegevensbestanden over voldoende relatieve en absolute nauwkeurigheid beschikt. Om deze reden zijn de panchromatische frequenties van de Landsat Level 1T tijdreeksgegevens geselecteerd als ruimtelijke referentiegegevens. De nauwkeurigheid van de co-registratie van Landsat-beelden is subpixel in de hele tijdreeks (Kennedy *et al.*, 2010), terwijl de absolute nauwkeurigheid van de wereldwijde Landsat Level T1 gegevensbestanden wordt geschat op 15 m (Lee *et al.*, 2004). Beide nauwkeurigheden worden beschouwd als voldoende voor het detecteren van goudwinning op regionale schaal. Bovendien, na het openen van het Landsat-archief door de USGS (Woodcock *et al.*, 2008), vertegenwoordigen Landsat-gegevens de enige vrij verkrijgbare bron van ruimtelijke referentie-informatie die consistent en herhaaldelijk het hele onderzoeksgebied bedekt, zodat de ruimtelijke uitlijning van alle gegevensbestanden in het onderzoek coherent is.

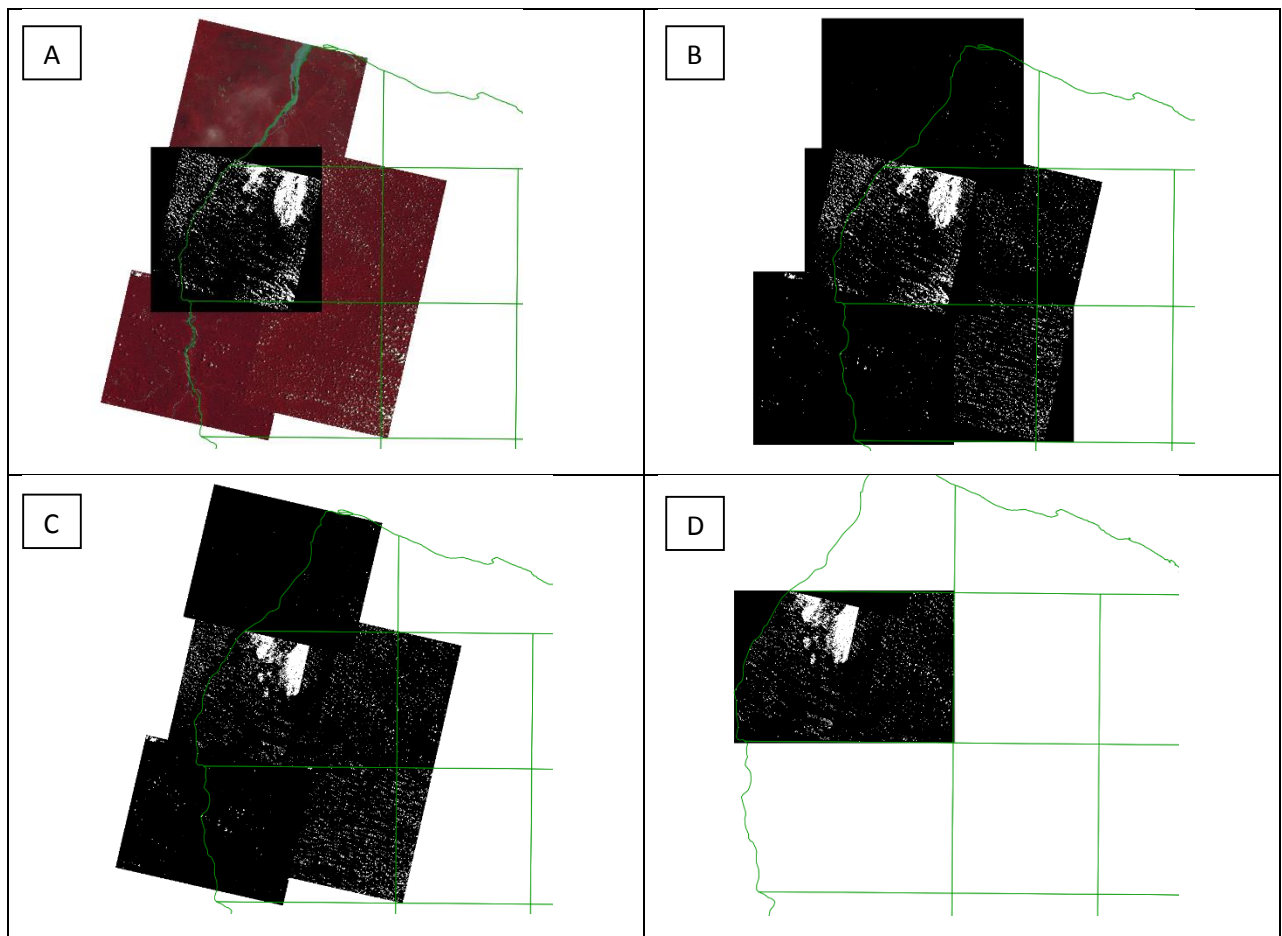
De beeld-naar-beeld co-registratie met de Landsat panchromatische frequentie op een resolutie van 15m werd uitgevoerd in QGIS, met handmatig gedefinieerde ankerpunten en het Helmert-transformatiemodel. Na enkele tests bleek deze transformatie de meest nauwkeurige resultaten te leveren. Een analyse van de ruimtelijke verschuivingen verkregen na co-registratie toonde sensor-specifieke uitlijningen tussen 5m en 30m.

2.3.1.3 *Maskeren van wolken en schaduwen van wolken*

Omgaan met de hardnekkige bewolking van vochtige tropische regio's, zoals het Guyanaschild, is altijd een uitdaging bij het gebruik van optische satellietbeelden. Wolken en schaduwen van wolken beperken de interpretatie van de gegevens omdat delen van het gebied niet zichtbaar zijn. De gebieden die permanent bedekt zijn met wolken en schaduwen van wolken moeten worden gekwantificeerd en gelokaliseerd om betrouwbare informatie te kunnen verstrekken over de ruimtelijke omvang en lokalisatie van goudwinningsactiviteiten.

Gezien de grote hoeveelheid beelden die in dit onderzoek moet worden verwerkt, moest een geautomatiseerde procedure worden ontwikkeld om wolken en schaduwen van wolken te kunnen classificeren. Een dergelijke methode was ontwikkeld door ONFI, met gebruik van de bewaakte SVM-classificeerder op basis van pixels van de Orfeo-toolbox, beschikbaar in QGIS. De Support Vector Machine (SVM)-classificeerder voegt de spectrale waarden van de pixels samen in de door de gebruiker gedefinieerde training-sites en beeldstatistieken om wolken en schaduwen van wolken van andere bodembedekkers te onderscheiden. Multi-temporele beelden worden verwerkt voor dezelfde locatie om het wolkendek boven het aandachtsgebied te verminderen. De resulterende maskering van de wolken en schaduwen van wolken van elk multi-temporele beeld en bijbehorende overlappende beelden worden, waar mogelijk, allemaal samengevoegd om een definitieve maskering van de wolken te verkrijgen die alleen de hardnekkige wolken en schaduwen van wolken bevat. Deze worden vervolgens weergegeven als "geen gegevens". Om het proces te organiseren en vergemakkelijken werd elk gebied onderverdeeld in productie-eenheden met behulp van een raster. De uiteindelijke maskering van de wolken en schaduwen van de wolken is cel voor cel uitgevoerd (Figuur 7).

Aan het eind van het proces zijn de uiteindelijke maskeringen samengevoegd tot één wolk en laag van schaduwen van wolken, d.w.z. een "geen gegevens" maskering, voor elk gebied.



FIGUUR 7: BEWERKINGSTAPPEN VAN DE MASKERING VAN DE WOLKEN EN DE SCHADUWEN VAN DE WOLKEN, NAMELIJK DE "GEEN GEGEVENS"-MASKERING (IN HET WIT). A) "GEEN GEGEVENS"-MASKERING VOOR ÉÉN LANDSCHAP. B) "GEEN GEGEVENS"-MASKERING VOOR ALLE LANDSCHAPPEN MET BETREKKING TOT DE PRODUCTIE-EENHEID. C) COMPILATIE VAN DE MASKERINGEN (ALLEEN PERMANENTE "GEEN GEGEVENS" ZIJN ZICHTBAAR). D) CLIP VAN DE MOZAÏEK VAN DE "GEEN GEGEVENS"-MASKERING PER PRODUCTIE-EENHEID IN HET GEBIED.

2.3.1.4 Pansharpening afbeelding

De pansharpening-techniek is gebaseerd op de methode voor het samenvoegen op pixelniveau. Dit houdt in dat de afbeelding met een lage resolutie (multispectraal) wordt gecombineerd met het beeld met een hoge resolutie (panchromatisch) waardoor één kleurenbeeld met een hoge resolutie wordt gecreëerd. Pansharpening-methodes kunnen leiden tot spectrale vervormingen vanwege de lagere spectrale kwaliteit van het panchromatische beeld (Liu *et al.* 2011). Daarom worden de beelden waarop de pansharpening-techniek is toegepast alleen gebruikt voor visuele interpretaties en voor het valideren van waarnemingen. Deze stap in het proces is optioneel.

2.3.1.5 Kaalgeslagen grond-filter

In 2010 hebben ONF en CIRAD voor hun eigen onderzoek een methode ontwikkeld om een extra raster te ontwikkelen van het originele beeld om de detectie en afbakening van kaalgeslagen grond te

vergemakkelijken. Kaalgeslagen grond is een van de meest kenmerkende elementen van goudwinning. Het raster, hierna aangeduid als kaalgeslagen grond-filter, werd verkregen door de resultaten van de histogram filter-methode toe te passen op een Nabij-infrarood (NIR) frequentie en NDWI indexen. De Normalized Difference Water Index (Genormaliseerd Verschil Water Index (NDWI)) wordt bepaald door een eenvoudige verhouding tussen de Nabij-infrarood frequentie (NIR) en de korte golf infrarood frequentie (SWIR), volgens de volgende formule: $NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$.

De resulterende kaalgeslagen grond-filter, binaire rasterinformatie verkregen door het samenvoegen van de resultaten van de grenswaarden van de NIR en NDWI, is bedoeld om de uitvoerder te helpen en om de besluitvorming rond de afbakening van goudmijnen te vereenvoudigen. Omdat voor alle beelden een grenswaarde is gehanteerd, was een kwaliteitscontrole van de overgebleven kaalgeslagen grond-filter vereist om een over- of onderschatting van de aangetaste gebieden te voorkomen.

2.2.3 Kernbewerking

Twee praktijken worden gebruikt om goud te winnen in het Guyanaschild: primaire goudmijnbouw en alluviale goudmijnbouw.

Primaire goudmijnbouw is ontginning uit hard gesteente. Het doel is om selectief goudhoudend gesteente te verwijderen door middel van graven, boren of zandstralen. De stukken steen worden vervolgens vermalen zodat er een zo fijn mogelijk ertspoeder ontstaat. Nadat het ertspoeder wordt gewassen, om afval te verminderen, wordt het samengevoegd met een cyanide-achtige oplossing of met kwik.

Alluviale goudwinning bestaat uit het extraheren van goud uit beken, rivieren en stromen. De eerste fase van alluviale goudwinning bestaat uit het scheiden van materiaal dat gedregd is uit de rivierbedding; de kleine zanddelen (waarin het goud wordt gevonden) worden gescheiden van de grotere minerale delen. In een proces dat typerend is voor alluviale mijnbouw wordt een fysieke scheidingsmethode toegepast om het goud te scheiden van de minerale delen, zoals doorlichten en sortering op soortelijk gewicht.

De tweede methode, alluviaal, wordt vaker toegepast in het Guyanaschild. Dit onderzoek is gericht op het detecteren, in kaart brengen en kwantificeren van beide vormen van goudwinningsactiviteiten, met de wetenschap dat kleinschalige illegale primaire mijnbouw moeilijk te detecteren kan zijn met behulp van teledetectie, aangezien het een ondergrondse activiteit is en de mijnen mogelijk onzichtbaar zijn onder het bladerdak.

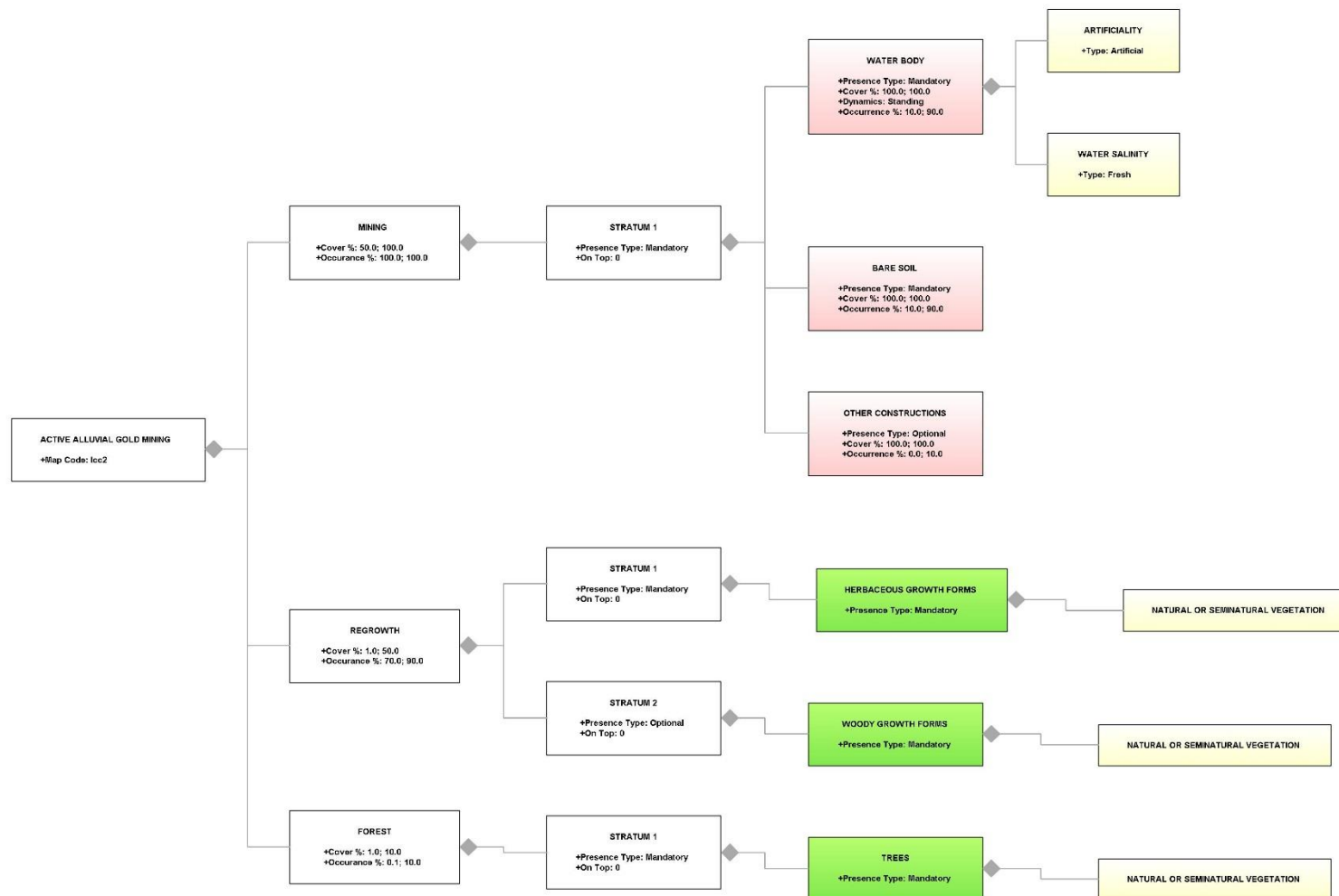
Gezien de regionale schaal en de betrokkenheid van een groot aantal deskundigen in de productieketen van dit onderzoek, was het van belang om allereerst een duidelijke omschrijving te maken van de bodembedekkende elementen die deel uitmaken van een goudmijn. Figuur 8 beschrijft het soort alluviale goudwinning zoals gedefinieerd in het onderzoek met gebruik van de laatste versie van het Classificatiesysteem Bodembedekking (Land Cover Classification System (LCCS3)), ontwikkeld door de FAO en het Milieuprogramma van de VN (UNEP) in 1998, om het begrip van de soorten landbedekking te vergemakkelijken, ongeacht de omvang van wat in kaart is gebracht, het soort bodembedekking, de toegepaste methode om gegevens te verzamelen of de geografische locatie. LCCS3 is een standaard ISO sinds 2012 met de identificatie 19144-2:2012. Het is gebaseerd op de Meta-taal Bodembedekking (Land Cover Meta Language (LCML)) die een algemene referentiestructuur biedt om de gegevens van elk algemeen classificatiesysteem voor bodembedekking te vergelijken en te

integreren. Ook biedt het een omschrijving van de diverse classificatiesystemen voor bodembedekking gebaseerd op fysionomische aspecten⁷.

De locatie van de goudmijn wordt samengesteld door vegetatie en abiotische bodembedekkende elementen, zoals kaalgeslagen grond, water (putten), nieuwe aanwas van vegetatie en, in specifieke gevallen, aangetaste bossen. Kleine nederzettingen die schaars zijn verdeeld over de mijnbouwlocatie kunnen worden opgenomen als het gebied bedekt is onder de Minimale Inventarisatie-unit (MMU). In andere gevallen blijven infrastructuren (menselijke nederzettingen, landingsbanen, wegen, etc.) en landbouw in de omgeving van de goudwinningslocaties buiten beschouwing in dit onderzoek, aangezien de koppeling van deze bodembedekkers en vormen van landgebruik met mijnbouwactiviteiten niet altijd duidelijk is en kan leiden tot verkeerde interpretaties.

De locaties worden handmatig gedigitaliseerd in QGIS, met gebruik van een MMU van 0,5 ha. Gebaseerd op de ervaring van het team en de beschikbaarheid van beelden met hoge resolutie is 0,5 ha inderdaad geïdentificeerd als de optimale minimale grootte van een object om te kunnen worden gedigitaliseerd. Voor Guyana werden de resultaten van het nationale Systeem voor Monitoren, Rapporteren & Verifiëren (MRVS) van de verandering van bosgebied geproduceerd door de Guyaanse Commissie Bosbouw gebruikt als basis voor het produceren van de resultaten van dit onderzoek. Ontbossing als gevolg van mijnbouw was onttrokken van de MRVS-resultaten en bijgewerkt, voornamelijk met RapidEye-beelden uit 2013 en Landsat-beelden uit 2014, om te kunnen voldoen aan de eisen van de methodologie van dit onderzoek.

⁷ http://plugins.qgis.org/plugins/LCCS3_BasicCoder/



FIGUUR 8: DEFINITIE VAN HET TYPE ALLUVIALE GOUDWINNING MET GEBRUIK VAN HET CLASSIFICATIESYSTEEM BODEMBEDEKKING VERSIE 3 SOFTWARE, ONTWIKKELD DOOR DE FAO

2.2.4 Levering, kwaliteitscontrole en samenstelling

De resultaten werden door SEMA, GFC en SBB geleverd aan ONF, bestaande uit twee GIS-lagen: een shapefile-laag met de polygonen van de goudmijnlocaties en een raster met de maskering van wolken. ONF was verantwoordelijk voor het verifiëren en samenvoegen van deze resultaten. De kwaliteit van de geleverde resultaten is dubbel gecontroleerd. Eerst door het kernteam van deskundigen die de gegevens hebben geproduceerd en vervolgens door ONF. De kwaliteitsbewaking beoogt verificatie van de volledigheid van de informatieverschaffende shapefile-lagen, alsmede de geometrische en topologische nauwkeurigheid van de geproduceerde GIS-gegevens. In geval van fouten of tegenstrijdigheden werd de informatie systematisch meegedeeld aan de maker die deze vervolgens bevestigde of wijzigde. Er zijn geen correcties of aanpassingen toegebracht op de geleverde gegevens zonder de uiteindelijke verificatie en validatie van de maker.

Aan het eind van het proces van kwaliteitsbewaking werden alle resultaten samengevoegd in twee regionale schaallagen (een shapefile met de polygonen van de goudmijnlocaties en een raster met de maskering van de wolken) voor verdere analyse.

2.2.5 Nauwkeurigheidsbeoordeling

Schattingen van gebieden aan de hand van kaarten van de bodembedekking kunnen vertekend zijn vanwege een onjuiste indeling. Dat kan leiden tot gebrekkige waarnemingen en onjuiste waarderingen. In het geval van kaarten die worden onderworpen aan een streng validatieprogramma, inclusief een nauwkeurigheidsbeoordeling, is het mogelijk de onjuiste indeling aan te passen. In thematische kaarten gebaseerd op gegevens verkregen via teledetectie wordt de term 'nauwkeurig' meestal gebruikt om de mate van 'correctheid' van de kaart of indeling uit te drukken. Een afgeleide thematische kaart met een indeling kan worden beschouwd als nauwkeurig als het een sterk vertekende voorstelling geeft van de bodembedekking van het afgebeelde gebied (Foody, 2002).

Voor dit onderzoek is de nauwkeurigheid beoordeeld en gevalideerd door afzonderlijke deskundigen van ONF International, met gebruik van een methode gebaseerd op meetpunten. Meetpunten zijn willekeurig verdeeld over de goudwinningsgebieden en de rest van het gebied. Het aantal controlepunten is bepaald voor elk gebied op basis van de omvang van de goudwinningsgebieden (Tabel 2). Goudwinningsgebieden hebben een hogere dichtheid aan controlepunten om beoordelingsfouten (verkeerd ingedeelde goudwinningsgebieden) beter op te kunnen sporen.

Land	Goudwinningsgebied (ha)	Controlepunten
Guyana	80,770	3,500
Suriname	53,668	2,500
Frans-Guyana	24,282	1,500
Amapá	2,189	500
Totaal	160,909	8,000

TABEL 2: AANTAL BENODIGDE CONTROLEPUNTEN PER GRONDGEBIED VOOR DE VALIDATIE VAN DE KAART BETREFFENDE ONTBOSsing ALS GEVOLG VAN GOUDWINNING IN 2014

Voor elk controlepunt is de validatie een foto-interpretatie van de volledige goudmijn-polygoon waarin het punt zich bevindt. Het punt wordt beschouwd als gevalideerd als meer dan 75% van de polygoon overeenkomt met het satellietbeeld. Is het tegenovergestelde het geval, dan wordt het punt beschouwd als verkeerd geïnterpreteerd.

De online verkrijgbare, vrij toegankelijke ruimtelijke beelden met een hoge resolutie van Google Earth™, bieden de mogelijkheid om tegen geringe kosten beelden te interpreteren (Olofsson *et al.* 2014). De archieven, zowel SPOT Image® als DigitalGlobe®, kunnen worden geraadpleegd met Google Earth™ en het beeld wordt in verschillende maten per jaar weergegeven.

Echter, als andere bronnen met gegevens op een hogere resolutie niet beschikbaar waren, werd de beoordeling van de nauwkeurigheid uitgevoerd aan de hand van satellietbeelden in het kader van het onderzoek.

De resultaten werden compact weergegeven in een fouten-matrix met schattingen van de algehele nauwkeurigheid, de nauwkeurigheid van de gebruiker (of beoordelingsfouten) en de nauwkeurigheid van de maker (of fouten door weglatingen), zoals verderop in dit rapport weergegeven.

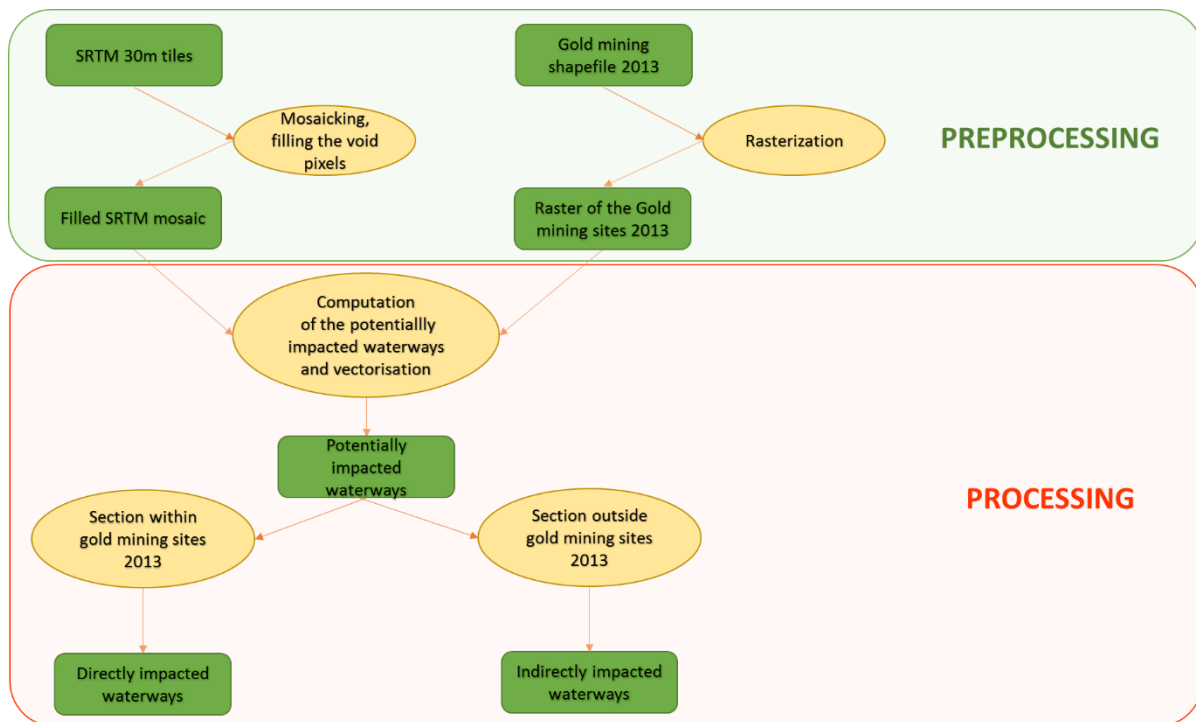
2.3 Waterwegen mogelijk aangetast door goudwinning

Alluviale goudwinning omvat het graven in rivierbeddingen voor het extraheren van het substraat dat wordt gemalen en gewassen in waterstromen. Dit proces heeft grote weerslag op de ecosystemen van zoetwater, rivieren en beken. De belangrijkste gevolgen zijn gerelateerd aan, maar niet beperkt tot, kleinschalige goudwinning. Dit is vooral gerelateerd aan de hoeveelheden kwik, vaak gebruikt voor het samenvoegen van gouddeeltjes (Legg *et al.*, 2015).

De resultaten van de satellietvolgsystemen voor goudwinning worden gebruikt om waterwegen te detecteren die mogelijk zijn aangetast door contaminanten zoals kwik. Twee mogelijke effecten worden gemeten met behulp van teledetectie:

1. De rechtstreekse gevolgen: gedefinieerd door de delen van waterwegen die onderdeel uitmaken van de goudmijnen en in direct contact staan met de goudwinningslocatie.
2. De indirecte gevolgen: gekenmerkt door de benedenloop van dat deel van de waterweg dat te maken heeft met de directe gevolgen en dat zeer waarschijnlijk contaminanten transporteert naar de oceaan.

Figuur 9 beschrijft de belangrijkste stappen van de methode toegepast om de aangetaste waterwegen te produceren. Deze stappen worden beschreven in de volgende paragrafen.



FIGUUR 9: METHODISCHE WERKWIJZE VOOR HET PRODUCEREN VAN DE WATERWEGEN DIE MOGELIJK ZIJN AANGETAST DOOR GOUDWINNING

2.3.1 Gegevens en materiaal

Twee invoergegevens waren nodig om de waterwegen die mogelijk zijn aangetast door goudwinning in kaart te brengen en te meten: de goudwinning GIS-laag 2014 en de SRTM 30m gegevens⁸.

Sinds november 2014 zijn SRTM-gegevens met een resolutie van 30m wereldwijd vrij verkrijgbaar op de USGS-website⁹. Deze vervangen tot dusver de gegevens met een resolutie van 90m. Dit Digitale Elevatie Model (DEM) op 30m werd toegepast in de open source software GRASS 7.0 om het theoretische stroomgebied op regionale schaal te genereren.

2.3.2 Voorbewerking

De voorbewerkingsstappen van de methode omvatten het rasteren van de vector-laag van de goudwinning, het mozaïeken van de SRTM-tegels en het opvullen van de leemtes in de SRTM-mozaïek-gegevens.

⁸ De gegevens van de Shuttle Radar Topografie Missie (SRTM) bestaan uit radarbeelden die voor elke pixel de waarde van de hoogte van de grond ten opzichte van de zeespiegel weergeeft.

⁹ <http://earthexplorer.usgs.gov/>

2.3.2.1 *Het rasteren van de vector laag van de goudwinning*

De geproduceerde GIS vector-laag van de goudmijnen wordt gerasterd met een resolutie van 30m pixels zodat het aansluit bij de SRTM-resolutie.

2.3.2.2 *Het mozaïeken van de SRTM tegels*

Eerst wordt voor elk gebied een mozaïek van de SRTM-tegels gemaakt om de verwerkingstijd van de machine in te korten en de benodigde geheugenruimte te beperken. Vervolgens wordt de mozaïek bijgeknipt, zodat het aansluit bij de administratieve grenzen, en samengevoegd om zo één laag te krijgen die het gehele onderzoeksgebied bestrijkt.

2.3.2.3 *Het vullen van de leemtes*

De SRTM bevat pixels waarvan de informatie betreft de verhoogde grond ontbreekt. Dit moet worden ingevuld door interpolatie van de waarden van de aangrenzende pixels, om zo fouten te vermijden in het genereren van het stroomgebied. Het ontstaan van deze leemtes kan allerlei oorzaken hebben. Bijvoorbeeld, het radarsignaal kan het gebied niet bereiken vanwege de combinatie hoog reliëf-beeldhoek, of het radarsignaal is verstoord geraakt door de aanwezigheid van golven in de kustgebieden.

2.3.3 *Kernbewerking*

De kernbewerking is gericht op het produceren van het theoretische stroomgebied met alleen de waterwegen die door de mijngebieden stromen.

Met behulp van de combinatie van het gerasterde shapefile-goudwinning en de SRTM-mozaïek, berekent de GRASS-stroomgebiedfunctie een stromingsrichting met inachtneming van het hoogteverschil tussen pixels binnen een goudwinningsgebied. De cumulatiedrempel voor het genereren van het stroomgebied was ingesteld op 75, wat binnen het bereik valt zoals voorgesteld door Rennó *et al.* (2008).

Het overgebleven stroomgebied vertegenwoordigt de waterwegen die mogelijk zijn aangetast door goudwinning op regionale schaal en waarin de direct getroffen delen door de goudmijnlocaties stromen en de indirect getroffen delen zich benedenloops bevinden (Figuur 10)



FIGUUR 10: ILLUSTRATIE VAN DE DIRECT EN INDIRECT DOOR GOUDWINNING AANGETASTE WATERWEGEN

2.3.4 *Levering en kwaliteitscontrole*

Gezien de grote hoeveelheid geheugenruimte die een computer nodig heeft om dit stroomgebied te kunnen genereren, is het door ONF geproduceerd voor het gehele onderzoeksgebied. De kwaliteit van

de resultaten, visueel geverifieerd en handmatig bewerkt, is door ONF gevalideerd voordat deze aan alle kernteams werden geleverd voor verdere verificatie en bewerking.

2.3.5 Nauwkeurigheidsbeoordeling

Aangezien het proces volledig geautomatiseerd is door het gebruik van teledetectie, is de nauwkeurigheid van de resultaten voornamelijk gebaseerd op de nauwkeurigheid van de ingevoerde gegevens en verwerkingsinstrumenten, d.w.z. de SRTM-gegevens en de GRASS-functionaliteiten. Hieronder verschaffen we enkele elementen die vertekening zouden kunnen opleveren in de nauwkeurigheid van de resultaten en waar rekening mee moet worden gehouden tijdens het lezen:

- De golflengte die de SRTM-sensor gebruikt staat niet toe dat het radarsignaal volledig doordringt tot het bladerdak, tot aan de grond. Hierdoor is mogelijk de waarde van het hoogteverschil van de grond in gebieden met een dicht bladerdak overschat, wat kan leiden tot fouten in de berekening van de stroom.
- De automatische berekening van stromen op vlakke ondergronden (meren, grote goudwinningslocaties) genereert een overschatting van de lengte van de aangetaste waterwegen en kan de bron zijn van fouten in de stromen van waterwegen.

Helaas laat het gebrek aan gegevens uit het veld of gevalideerde en geverifieerde stroomgebieden in de regio ons niet toe om een schatting te maken van de mate van onzekerheid van de daaruit vloeiende aangetaste waterwegen. Echter, de resultaten zijn visueel gecontroleerd, vergeleken met optische satellietbeelden en handmatig bewerkt op basis van foto-interpretatie en de kennis van het gebied van elke partner.

3. Resultaten en discussies

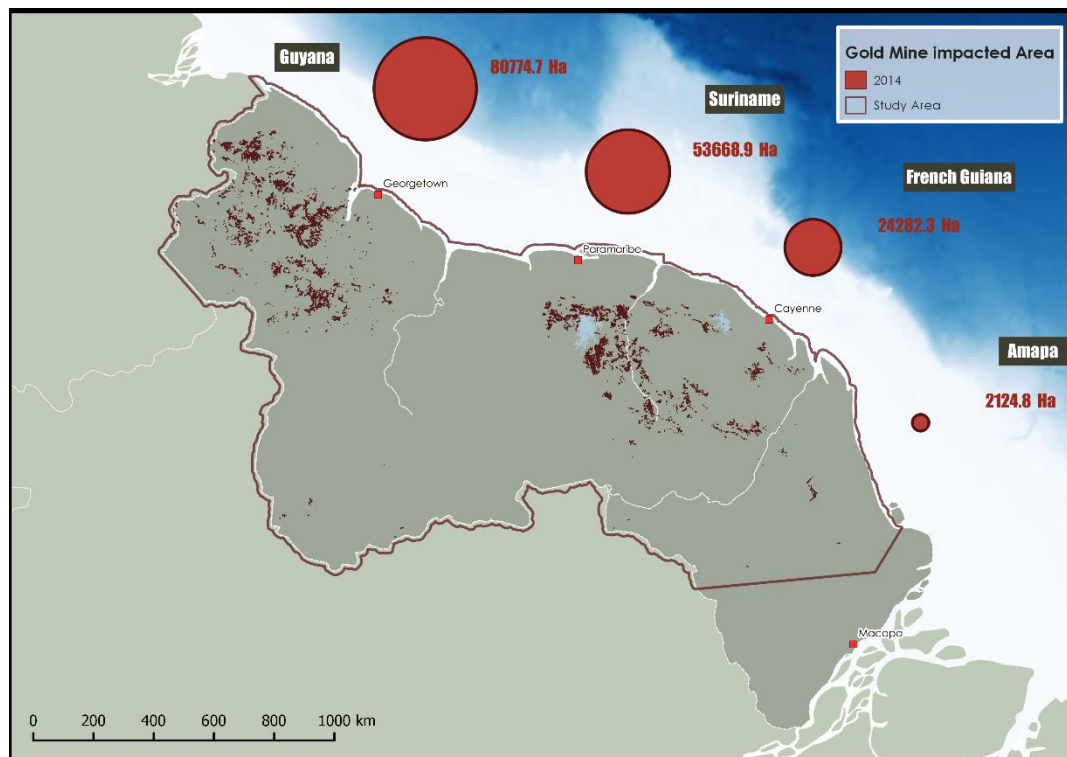
3.1 Bosgebieden aangetast door goudwinning

Dit onderdeel beschrijft de impact van goudwinning op het bosoppervlak in peiljaar 2014, de gegevensbron die is gebruikt voor de afbakening en de omvang van de niet-geobserveerde gebieden als gevolg van permanente bewolking. Vervolgens zijn de resultaten vergeleken met het eerdere 2001-2008 onderzoek om de ontwikkeling van de activiteiten in de loop van de tijd op lokaal en regionaal niveau aan te tonen. Om een beter inzicht te krijgen in de dynamiek van de activiteiten, hebben we verschillende ruimtelijke analyses uitgevoerd om de conflictgebieden tussen mijnbouwactiviteiten en beschermde gebieden, de ruimtelijke distributie van goudmijnen en de distributie van kleinschalige, middelgrote en grootschalige goudwinning te identificeren.

3.1.1 Peiljaar 2014

Figuur 11 toont de resultaten van de impact van goudwinning op het bosoppervlak in het peiljaar 2014, gebaseerd op het gebruik van optische beelden met hoge resolutie, aangeschaft in de periode 2012 - 2014.

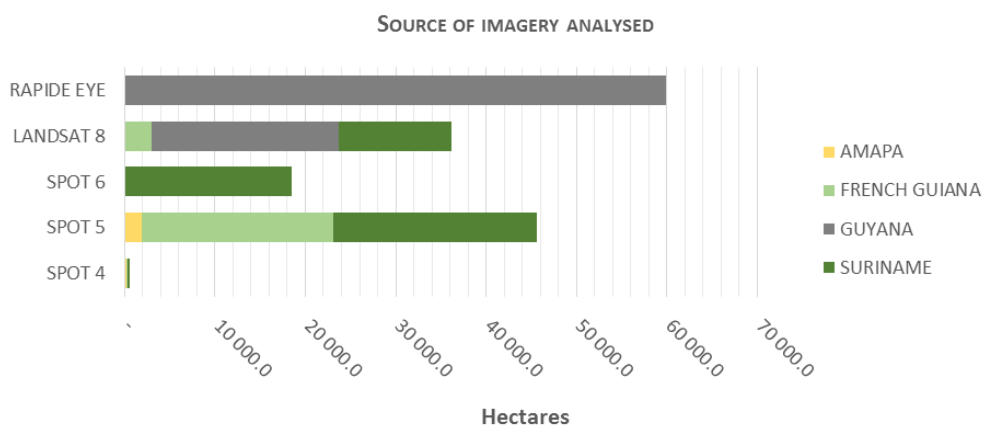
De impact van goudwinning, die aanzienlijk varieert per grondgebied, beslaat een gebied van 160.850,7 ha.



FIGUUR 11: BOSGEBIEDEN AANGETAST DOOR GOUDWINNING IN PEILJAAR 2014

3.1.1.1 Distributie van satellietgegevensbron gebruikt voor het afbakenen van goudwinningsgebieden

Figuur 12 geeft een overzicht van de bron van gegevens gebruikt voor het afbakenen van goudmijnen in elk grondgebied. Aangezien de archieven van SPOT-gegevens wat betreft de kritieke plekken in Guyana beperkt waren, was de detectie voornamelijk gebaseerd op het duo RapidEye en Landsat 8. In Guyana is bijna 60.000 hectare aan goudwinningsgebieden gedigitaliseerd met RapidEye beelden. Dit vertegenwoordigt 37,3% van de totale impact van goudwinning in het onderzoeksgebied. De Guyaanse Commissie Bosbouw heeft voornamelijk gebruik gemaakt van Landsat 8-gegevens om de resultaten die zijn verkregen met de Rapideye-gegevens in 2013 te actualiseren. Frans-Guyana, Suriname en Amapá beschikten over goede SPOT-dekking in de kritieke gebieden en hebben 28,3% van alle goudwinning gedigitaliseerd met gebruik van SPOT 5-gegevens. In Suriname is het gebrek aan SPOT 5-gegevens in twee kritieke gebieden gecompenseerd door 18.000 ha (11,5% van de totale goudwinning) te digitaliseren met behulp van beschikbare SPOT 6-gegevens met een zeer hoge resolutie. Tot besluit, vanwege de beschikbaarheid van SPOT-gegevens, mogelijk gemaakt via een overeenkomst tussen Airbus Defense & Space met ONF Guyana en SEAS Guyana, kon 40,2% van de goudwinningsactiviteiten in de regio worden gedetecteerd.

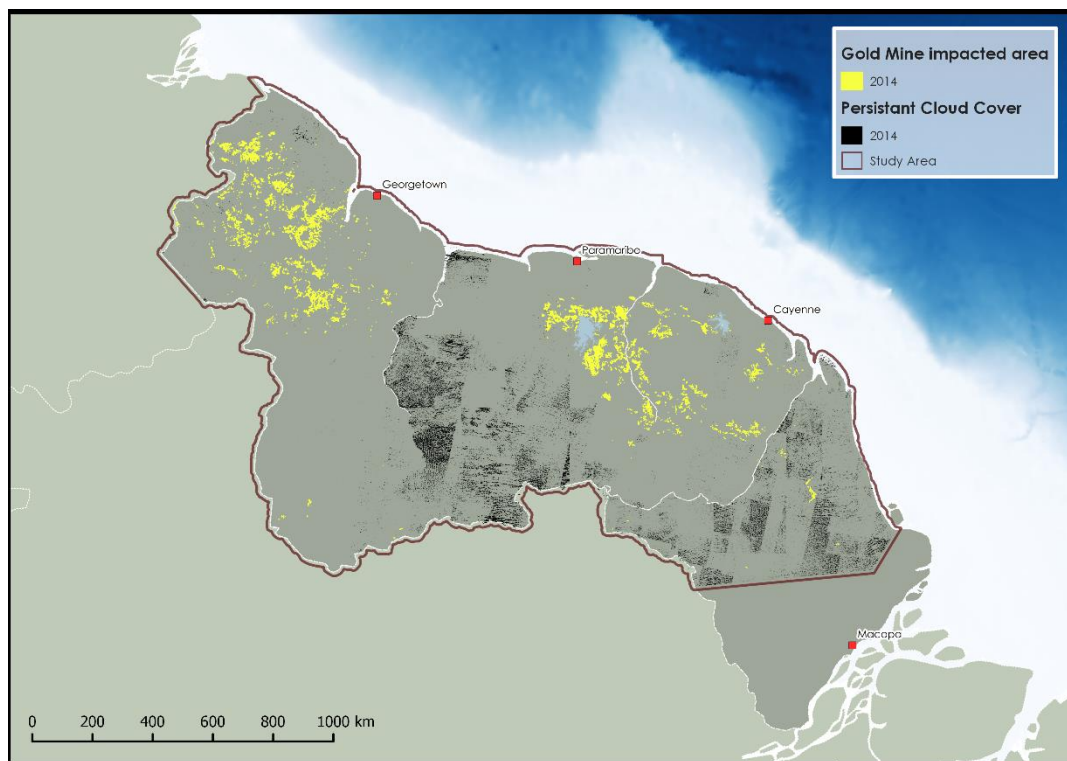


FIGUUR 12: DISTRIBUTIE VAN GEGEVENSBRON GEBRUIKT IN ELK GRONDGEBIED VOOR HET AFBAKENEN VAN GOUDWINNINGSGEBIEDEN

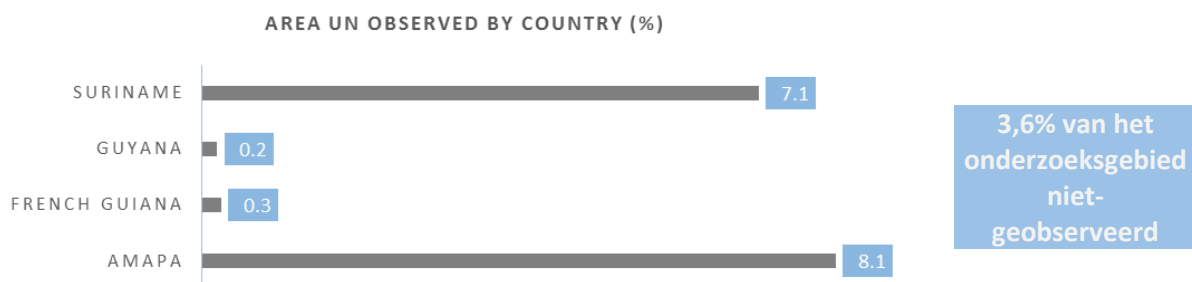
3.1.1.2 Hardnekkige bewolking

Figuur 13 toont de inhomogeniteit in de distributie van hardnekkige bewolking in de regio. Dit resultaat komt voort uit het verschil in hoeveelheid en kwaliteit van de beschikbare beelden in elk grondgebied. Guyana en Frans-Guyana hebben beiden een zakelijke overeenkomst met een aanbieder van beelden, respectievelijk BlackBridge (RapidEye) en Airbus Defence and Space (SPOT-beelden). Beide aanbieders geven prioriteit aan het verkrijgen van beelden op hun grondgebieden. Hoe meer beelden worden aangeschaft, hoe groter de kans om beelden zonder wolken te verkrijgen. Daarnaast, meer beschikbare beelden voor hetzelfde gebied biedt de mogelijkheid tot meer multi-temporele verwerking van gegevens zodat de bewolking kan worden gereduceerd. Bijgevolg is de resterende bewolking in Guyana en Frans-Guyana bijna te verwaarlozen, respectievelijk 0,2% en 0,3% van het grondgebied, terwijl in Suriname en Amapá respectievelijk 7,1% en 8,1% van het grondgebied niet waarneembaar was (Figuur 14). Ondanks een hoger niveau van bewolking in Suriname en Amapá, is

het oppervlak dat bedekt is door bewolking nog steeds laag, dankzij het gebruik van multi-temporele beelden. Op het niveau van het onderzoeksgebied is 96,4% van het grondgebied waargenomen. Bovendien, bewolkte gebieden, vooral in Suriname, bevinden zich in gebieden waar mijnbouw nauwelijks voorkomt, wat de nauwkeurigheid van de resultaten versterkt.



FIGUUR 13: HARDNEKKIGE BEWOLKING IN HET ONDERZOEKSGBIED



FIGUUR 14: PERCENTAGE HARDNEKKIGE BEWOLKING IN ELK GRONDGBIED EN IN HET GEHELE ONDERZOEKSGBIED

3.1.1.3 Nauwkeurighedsbeoordeling

Tabel 3 toont de maker, gebruiker en de algehele nauwkeurigheid van de in kaart gebrachte goudwinning voor elk gebied met een compilatie op regionaal niveau. De onduidelijkheid-matrixen geven een zeer goede en gelijke nauwkeurigheid tussen de grondgebieden, wat resulteert in een algemene nauwkeurigheid op regionaal niveau van 91,5%. Deze onduidelijkheid-matrixen zijn ook toegevoegd in Bijlage 1 met meer detaillering per grondgebied. In de matrixen zijn de diagonale

elementen correcties van de classificaties en de niet-diagonale elementen geven fouten door weglating of handeling weer.

In Guyana omvat het MRVS van veranderingen in bosgebieden een diepgaande nauwkeurigheidsanalyse van de geproduceerde resultaten, die betrouwbaarheidsintervallen biedt. De MRVS resultaten, die werden gebruikt als basis voor het produceren van de resultaten van dit onderzoek, vertonen consequent hoge nauwkeurigheid bij detectie, zelfs hoger dan die bereikt in dit onderzoek¹⁰.

¹⁰ Tijdens 2013 (jaar 4) werden veranderingen in bossen in kaart gebracht door GFC en de resultaten tonen een overeenkomst (prevalentie) van 99,93% tussen de interpretatie van de beeld-interpretatie en GFC-bepaling op basis van een steekproef van 55.119 één-hectare cirkelvormige percelen. Dit toont een zeer hoog niveau van overeenkomsten tussen de MRVS-kaarten -en resultaten en de referentiegegevens.

Frans-Guyana			
	Maker Nauwkeurigheid	Gebruiker Nauwkeurigheid	Algemene Nauwkeurigheid
Goudwinning	98,4%	93,9%	91,1%
Geen goudwinning	83,8%	95,5%	

Amapá			
	Maker Nauwkeurigheid	Gebruiker Nauwkeurigheid	Algemene Nauwkeurigheid
Goudwinning	97,7%	92,9%	92,8%
Geen goudwinning	88,0%	96,0%	

Guyana			
	Maker Nauwkeurigheid	Gebruiker Nauwkeurigheid	Algemene Nauwkeurigheid
Goudwinning	97,1%	95,2%	91,7%
Geen goudwinning	86,4%	91,5%	

Suriname			
	Maker Nauwkeurigheid	Gebruiker Nauwkeurigheid	Algemene Nauwkeurigheid
Goudwinning	97,2%	94,0%	90,4%
Geen goudwinning	83,6%	92,0%	



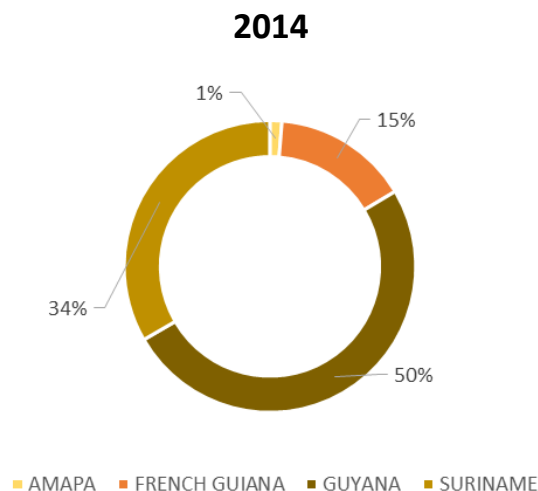
Onderzoeksgebied			
	Maker Nauwkeurigheid	Gebruiker Nauwkeurigheid	Algemene Nauwkeurigheid
Goudwinning	97,6%	94,0%	91,5%
Geen goudwinning	85,4%	93,7%	

TABEL 3: NAUWKEURIGHEIDSBEOORDELING ONDUIDELIJKHEID-MATRIX VAN HET RESULTAAT VAN DE IN KAART GEBRACHTE GOUDMIJNEN OP ELK GRONDGEBIED EN HET ONDERZOEKSGBIED

3.1.1.4 Analyse van de gebieden aangetast door goudwinning

Figuur 11, hierboven weergegeven, toont duidelijk dat de activiteit ongelijk verdeeld is over het onderzoeksgebied. De intensiteit van de activiteit neemt geleidelijk toe van oost naar west. Amapá is slechts verantwoordelijk voor 1% van de ontbossing die is waargenomen in het onderzoeksgebied, terwijl Frans-Guyana, Suriname en Guyana verantwoordelijk zijn voor respectievelijk 15%, 34% en 50% (Figuur 15). Desalniettemin, de grote verschillen in deze verdeling moet worden gewogen door het

bedekte gebied in elk grondgebied, aangezien Guyana 40% van het onderzoeksgebied vertegenwoordigt, gevolgd door Suriname (31%), Frans-Guyana (16%) en het noorden van Amapá (15,5%). Rekening houdend met deze informatie, kan de omvang het goudwinning worden uitgedrukt naar de verhouding per grondgebied. In Guyana, Suriname, Frans-Guyana en het noorden van Amapá is respectievelijk 0,38%, 0,33%, 0,29% en 0,03% van het grondgebied bezet door goudwinning. De trend blijft hetzelfde, maar de kloof tussen Guyana, Suriname en Frans-Guyana is kleiner. Op het niveau van het onderzoeksgebied is 0,31% grondgebied aangetast. Hiervan bevindt 84% zich in Guyana en Suriname.



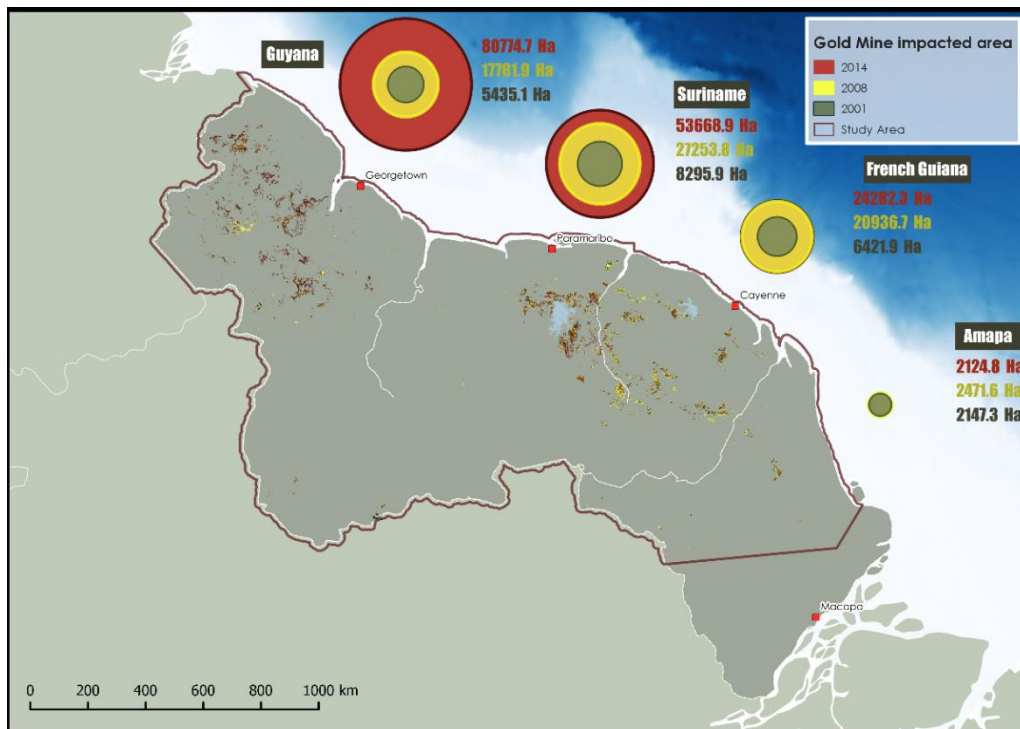
FIGUUR 15: PERCENTAGE MIJNBOUWGBIEDEN PER GRONDGEBIED OP HET NIVEAU VAN HET ONDERZOEKSGBIED IN 2014

3.1.2 Resultaten in vergelijking met peiljaren 2001 en 2008

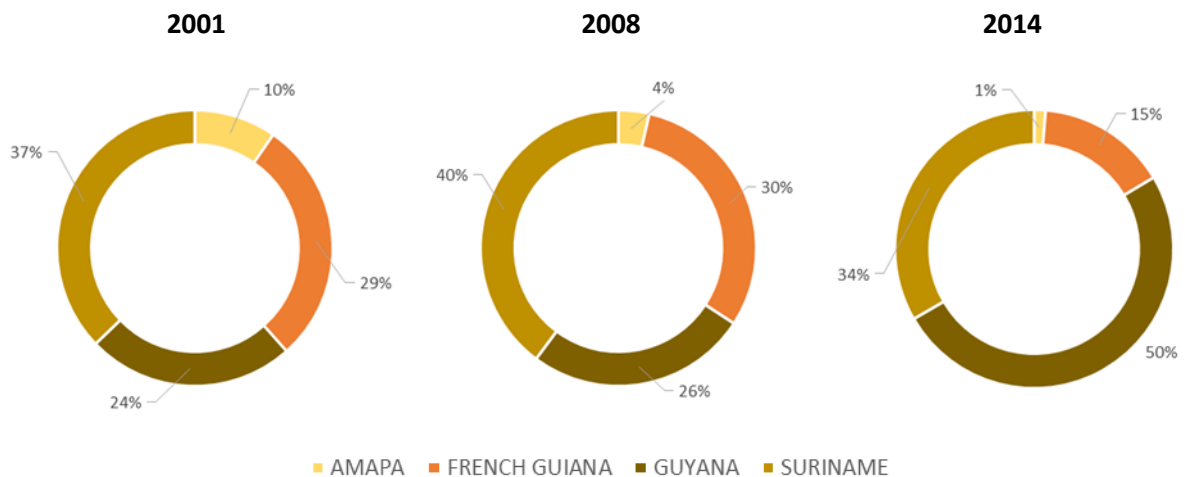
Alhoewel ontbossing als gevolg van goudwinning bescheiden lijkt in vergelijking met andere gedocumenteerde vormen van tropisch landgebruik, vertegenwoordigt het de snelst groeiende oorzaak van verlies van bossen in de regio waar voorheen de ontbossing in het laagste tempo ter wereld plaatsvond. (Hammond *et al.*, 2007). Figuur 16 toont de ontwikkeling van ontbossing in de drie peiljaren 2001-2008-2014. Hoewel de ontbossing als gevolg van goudwinning nog steeds een klein deel van het onderzoeksgebied vertegenwoordigt (0,3%), is de snelle uitbreiding alarmerend. Het eerste onderzoek (ONF, 2010) toonde aan dat tussen 2001 en 2008 het aantal gebieden in de regio aangetast door goudwinning was gestegen met 207%. Gezien de gegevens van 2014 betekent dit een toename van 621% van bosgronden aangetast door goudwinning sinds de start van de monitoring (2001) en dit onderzoek (2014). Ondanks een langzamere trend (toename van 135%), bleef ontbossing als gevolg van goudwinning stijgen in de tweede periode (2008-2014). **Wat betreft aangetast oppervlak: in 2001 werd 22.300 ha grond geclassificeerd als goudmijn, maar dit cijfer is verdrievoudigd in 2008 naar 68.444 ha. In 2014 was er een totale oppervlakte van 160.850 ha aan goudmijnen. Met andere woorden, het is vermenigvuldigd met 2,3 in vergelijking met de cijfers uit 2008 en met meer dan 7 in vergelijking met de gegevens uit 2001.**

Deze regionale trend kan anders worden vertaald per grondgebied. De ruimtelijke verandering van het fenomeen lijkt nu duidelijk in westelijke richting te gaan. In de loop der jaren is ontbossing als gevolg van goudwinning daar aanzienlijk toegenomen.

Figuur 17 toont deze verplaatsing van de activiteit. In 2001 waren Amapá en Frans-Guyana verantwoordelijk voor respectievelijk 10% en 29% van de ontbossing als gevolg van goudwinning in het onderzoeksgebied. Nu vertegenwoordigen zij slechts 1% en 15% van de activiteit. Met een lichte stijging van 34% naar 40% is Suriname in de loop der jaren vrij stabiel gebleven. Bijgevolg, het verminderde aandeel van de activiteit in Amapá en Frans-Guyana wordt vooral gecompenseerd door het verhoogde aandeel in Guyana. Dit gebied is nu goed voor 50% van de regionale goudwinningsactiviteiten, vergeleken met ongeveer 25% in het verleden (2001 en 2008).



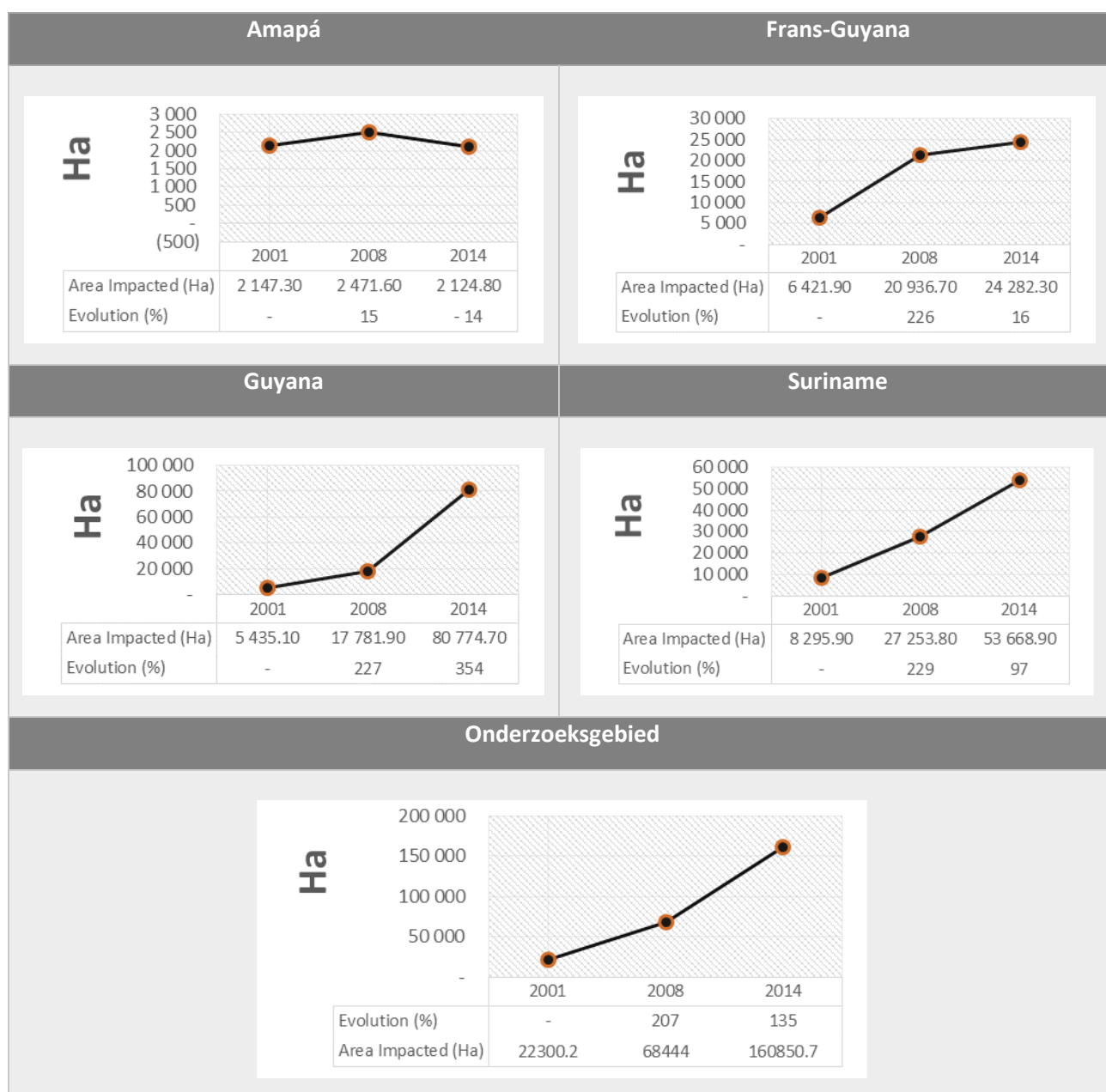
FIGUUR 16: ONTWIKKELING VAN DE GEVOLGEN VAN GOUDWINNING OP HET BOSOPPERVLAK PER GRONDGEBIED SINDS 2001, VOOR DE DRIE PEILJAREN 2001-2008-2014



FIGUUR 17: PERCENTAGE MIJNBOUWGEBIEDEN PER GRONDGEBIED OP HET NIVEAU VAN HET ONDERZOEKSGBIED IN 2001, 2008 EN 2014

Figuur 18 geeft gedetailleerde informatie over de trend van ontbossing als gevolg van goudwinning voor elk grondgebied. Tussen 2001 en 2008 is ontbossing meer dan 200% toegenomen in Suriname, Guyana en Frans-Guyana. Het noorden van Amapá daarentegen lijkt zijn piek al bereikt te hebben op dit moment en toonde slechts een lichte stijging van 15%. Gedurende de laatste periode (2008-2014), lijkt het noorden van Amapá vrij stabiel te blijven (-14%, d.w.z.-347 ha), terwijl Suriname en Guyana een toename in activiteit tonen van respectievelijk 97% (+26.415 ha) en 354% (+62.993 ha). In Frans-Guyana blijft goudwinning toenemen (+3.346 ha) maar in een veel trager tempo dan tijdens de vorige periode (16%).

Kijkend naar de gehele peilperiode (2001-2014), kunnen we concluderen dat in dertien jaar de ontbossing als gevolg van goudwinning bij benadering is toegenomen met een factor veertien voor Guyana, factor zes voor Suriname, factor drie voor Frans-Guyana en licht is afgenomen in Amapá.



FIGUUR 18: TREND VAN ONTBOSSING ALS GEVOLG VAN GOUDWINNINGSACTIVITEITEN IN AMAPÁ, FRANS-GUYANA, GUYANA, SURINAME EN HET ONDERZOEKSGBIED, TIJDENS PEILJAREN 2001-2008-2014

Verschillen die zijn waargenomen per grondgebied kunnen worden verklaard door verschillende lokale omstandigheden.

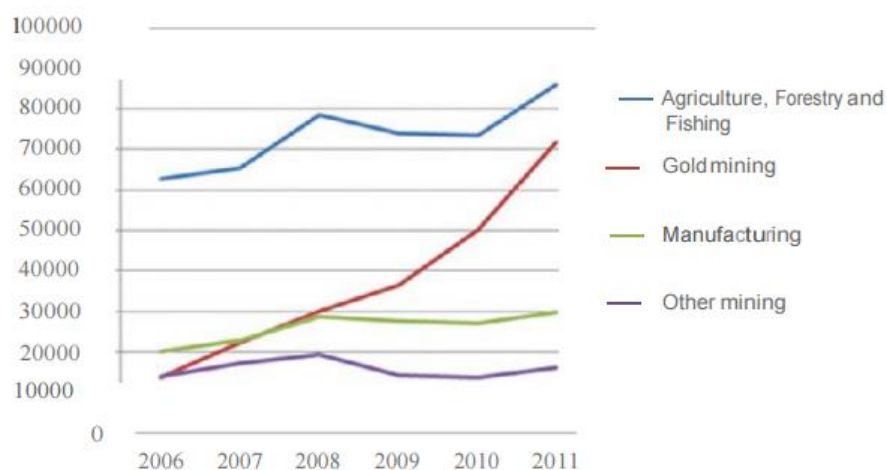
In Amapá zijn sinds begin 2000 belangrijke veranderingen in het beheer van land doorgevoerd, zowel op federaal niveau als op staatsniveau. Zo werden bijvoorbeeld beschermde gebieden afgebakend, voornamelijk in het noorden van de staat, zoals het nationaal park Tumucumaque in 2002. Vermindering van het agressieve gebruik van goud en andere natuurlijke hulpbronnen was ook onderdeel van de strategie van de federale overheid. Desalniettemin, de positieve impact van dit beleid inzake natuurbehoud werd pas zichtbaar na de oprichting in 2007 van het Chico Mendes Instituut voor de Instandhouding van de Biodiversiteit (ICMBio), belast met het toezicht en de controle van beschermde gebieden met de steun van het Braziliaans Instituut voor Milieu en Hernieuwbare Natuurlijke Hulpbronnen (IBAMA) en het leger. Tegelijkertijd werd na 2008 een aantal goudmijnbouwondernemingen, die sinds begin jaren '90 gevestigd waren in niet-beschermde gebieden, getroffen door de crisis. De trend van ontbossing als gevolg van goudwinning in het noorden van Amapá laat duidelijk de ontwikkeling zien in het licht van deze ontwikkelingen, met een lichte groei in activiteit tussen 2001 en 2008 en een daling van de impact tussen 2008 en 2014. Desalniettemin, deze gegevens moeten worden aangevuld met een verdere verwerking om te waarborgen dat deze vermindering niet is veroorzaakt door een verplaatsing van de druk naar een ander deel van de staat.

Frans-Guyana heeft een belangrijk potentieel aan goud (Theveniaut *et al.*, 2011). De eerste vondsten werden gedaan in de tweede helft van de 19e eeuw in de regio Approuague, relatief in de buurt van de kustlijn. Deze ontdekking leidde tot een ware goudkoorts die duurde tot het eind van de eeuw. Maar aangezien de locaties zich in geïsoleerde gebieden bevonden, bleef de goudkoorts destijds ingedamd vanwege de moeilijke werkomstandigheden en bevoorradingsproblemen. De productie bereikte zijn dieptepunt in het midden van de 20^e eeuw. De goudproductie werd opnieuw aangewakkerd toen de goudprijzen stegen in de jaren '70 en door de impuls van migratie vanuit Brazilië. In de jaren '90 kende de goudwinning een heropleving. Dit kwam allereerst door de stijging van de goudprijs en de ontwikkeling van nieuwe gemechaniseerde technieken en transport. Maar ook vanwege de publicatie van een inventaris van het potentieel aan mijnbouw door het Franse departement van Geologie en Mijnbouw (BRGM) in 1995. De opgegeven productieniveaus bleven consequent boven de 2 ton per jaar tussen 1992 en 1999 en bereikten een piek in 2000. Daarna zette een daling in (3.469 kg in 2000; 2.576 kg in 2005; 1.300 kg in 2012 en 2013) (DRIRE, 2010; USGS, 2012; IEDOM, 2014). Echter, volgens Horth (2011), is het opgegeven productieniveau van rond de 1,2 ton in 2010 negatief beïnvloed door ongeveer 10 ton aan illegale productie. Deze aanzienlijke hoeveelheid goud, voornamelijk afkomstig van kleinschalige mijnbouw, wordt verhandeld in Suriname en vervolgens komt het goud van deze illegale bronnen terecht op de formele markten (WWF Guianas, 2012). Frans-Guyana treedt al jaren krachtig op tegen de illegale goudwinning die wordt gedomineerd door *garimpeiros*. In 2003 startte een gewapende operatie, Operatie Anaconda, om illegale mijnwerkers te bestrijden, gevolgd door Operatie Harpie¹¹, die in 2008 begon. Sinds de lancering van het SEAS-programma (Amazonische Milieusurveillance verkregen via satelliet) in 2006, die voorziet in gratis satellietbeelden van SPOT 4 en 5, is ONF gestart met een zo goed als real-time detectie van waterverontreiniging in het grondgebied (vrijkomen van grote hoeveelheden gesuspenderde

¹¹ Franse interministeriële operatie uitgevoerd in Frans-Guyana tegen illegale goudwinning sinds februari 2008, gezamenlijk uitgevoerd door leger en politie.

deeltjes) en ontbossing veroorzaakt door mijnbouw. In hetzelfde jaar verbood de regering het gebruik van kwik in goudwinning en werden nog meer ambitieuze milieuprocedures ontwikkeld (Lefebvre, 2009), zoals het herstel van gebieden aangetast door exploitatie (wat nu wettelijk verplicht is). In 2008 werd het *Observatorium voor Mijnbouwactiviteiten (OAM)* opgericht, een platform voor het delen en uitwisselen van real-time gegevens van verwerkte satellietbeelden, missies in het veld en andere bronnen van informatie over mijnbouw en de effecten van mijnbouw, afkomstig van alle overheidsafdelingen, zoals ONF, de politie, het Frans-Guyaanse leger (FAG), het ministerie van Milieu (DEAL) en het nationale park (PAG).

In 2009 lanceerde Guyana zijn eigen koolstofarme ontwikkelingsstrategieën (LCDS) die een kader vormen waarmee de economie van het land zich ontwikkelt op een groene en koolstofarme manier en tegelijkertijd de wereldwijde risico's van klimaatverandering afzwakt via een duurzaam bosbeleid. De winningssector moet een belangrijke rol spelen in deze strategie, aangezien goudmijnbouw de tweede grootste bijdrage levert aan het bruto nationaal product (BNP) van Guyana, na landbouw, bosbouw en visserij (G.B.o.Statistics, 2012), en mijnbouw de grootste bijdrage levert aan ontbossing. Figuur 19 toont de sterke stijging van de bijdrage van goudwinning aan het BNP van Guyana tussen 2006 en 2011. Deze trend houdt gelijke tred met ontbossing veroorzaakt door goudwinning zoals is weergegeven in Figuur 18, met een alarmerende toename van ontbossing veroorzaakt door goudwinning in Guyana sinds 2008.



FIGUUR 19: GUYANA'S BRUTO NATIONAAL PRODUCT (BNP) IN DE HUIDIGE PRIJZEN LANDBOUW, BOSBOUW EN VISSERIJ, GOUDWINNING EN PRODUCTIE 2006-2011 (BRON: SINGH ET AL., 2013)

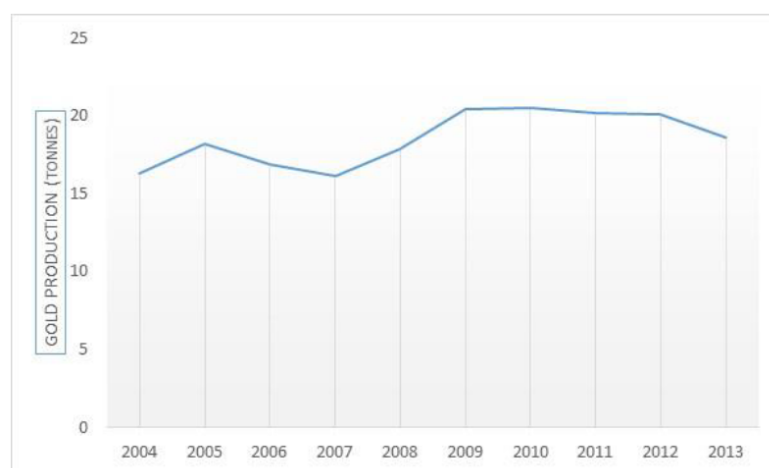
Daarnaast moet rekening worden gehouden met het feit dat de mijnsector verantwoordelijk is voor ongeveer 90% van alle geregistreerde ontbossing in het land in 2013 (Bijlage 2). In de jaarlijkse rapportage over veranderingen in bosgebied in de periode 1 januari - 31 december 2013, is het ontboste gebied veroorzaakt door mijnbouw (inclusief mijnbouwinfrastructuur) licht gedaald in vergelijking met 2012: ongeveer 11.518 ha ontbossing (Bijlage 2). Deze daling is in overeenstemming met de afname in de jaarlijkse inkomsten van de mijnsector in 2013 in vergelijking met 2012 als gevolg van de dalende prijs (CI-Guyana, 2014) (Figuur 20). De Bond van Goud en Diamant Mijnwerkers van Guyana (GGDMA) heeft voorgesteld om alleen mijnbouw te plegen op een bepaald percentage van

de totale landmassa van Guyana. De bond is van mening dat dit de agenda voor duurzame ontwikkeling niet zal belemmeren (CI Guyana, 2014).



FIGUUR 20: PRIJS VAN 1KG GOUD VAN JANUARI 2000 TOT JULI 2015 (BRON: COMPTOIR NATIONAL D'OR - BESCHIKBAAR VIA: WWW.GOLD.FR)

Net zoals in Frans-Guyana bereikte de goudproductie in Suriname haar dieptepunt in het midden van de 20e eeuw. Een nieuwe groeifase, vooral aangewakkerd door de stijgende groeiprijs begin jaren '70, werd verstoord door de Binnenlandse Oorlog (1986–1992) (Heemskerk, M. and Duijves, C., 2013). Sinds het einde van de Binnenlandse Oorlog, in combinatie met de stijging van de goudprijs, heeft het inmiddels veiligere goudgebied immigranten, buitenlandse winningsbedrijven en Surinamers uit de stedelijke gebieden naar het binnenland van Suriname getrokken (Legg *et al.*, 2015). De trend van goudwinningsactiviteiten toont een relatief constante ontwikkeling van ontbost land tussen 2001 en 2014. Maar het niveau van ontbossing was hoger tijdens de laatste periode tussen 2008-2014 (circa 26.000 ha), in vergelijking met de periode 2001-2008 (circa 19.000 ha). Dit lijkt de trend van de jaarlijkse goudproductie te volgen die tussen 2004 en 2013 relatief stabiel is met een lichte stijging sinds 2008 (Figuur 21).



FIGUUR 21: JAARLIJKSE GOUDPRODUCTIE IN SURINAME (BRON: THOMSON AND REUTERS, 2014 IN: LEGG ET AL., 2015)

Wat betreft de ontwikkeling van de activiteit is de trend niet hetzelfde, aangezien ontbossing ongeveer is verdrievoudigd als het niveau van 2008 wordt vergeleken met het niveau van 2001 en het is verdubbeld als het niveau van 2014 wordt vergeleken met het niveau van 2008. Volgens een rapport gepubliceerd door de Centrale Bank van Suriname (CBvS, 2014), was 2003 een keerpunt in de wereldwijde goudproductie. De hoge toename van de goudproductie in dat jaar was niet alleen gekoppeld aan de internationale goudprijzen, maar ook aan de liberalisering van de goudmarkt evenals aan de oprichting van de Rosebel-goudmijn in Suriname die in 2004 met commerciële productie begon. Grootschalige goudwinning heeft toentertijd voor ongeveer 40% bijgedragen aan de goudproductie. Om de goudmijnbouwsector te reguleren werd in 2011 een commissie opgericht die direct onder het kabinet van de president viel. De belangrijkste doelstelling van deze Commissie Ordening Goudsector (COG) was enerzijds het maximaliseren van de nationale inkomsten uit de goudwinning en anderzijds het minimaliseren van de milieu- en sociale effecten. Dit is een aanvulling op het werk van de Geologische Mijnbouwdienst (GMD) die als technische tak van het Ministerie van Natuurlijke Hulpbronnen verantwoordelijk is voor het uitgeven van mijnbouwconcessies en het opstellen van geologische kaarten.

3.1.3 Ruimtelijke verdeling van goudwinning

3.1.3.1 Invloed van de Greenstone belt.

Zowel op regionaal als lokaal niveau is het duidelijk dat ontbossing veroorzaakt door goudwinning op grote schaal wordt beïnvloed door de ruimtelijke locatie van de Greenstone belt waarvan bekend is dat deze grote goudreserves bevat. Op het niveau van het onderzoeksgebied vindt 74% van de ontbossing veroorzaakt door goudwinning plaats in de Greenstone belt, met een overlapping van zelfs 99% in Suriname (Tabel 4). Deze invloed lijkt de problemen rondom grondbezit, zoals het bestaan van beschermde gebieden, te overschaduwen.

Grondgebied	Totale oppervlakte aangetast door goudwinning in het onderzoek van 2014 (ha)	Goudwinning overlappingen Greenstone belt (ha)	Goudwinning overlappingen Greenstone belt (%)
AMAPÁ	2.124,8	1.633,8	77%
FRANS-GUYANA	24.282,3	14.970,8	62%
GUYANA	80.774,7	49.145,5	61%
SURINAME	53.668,9	53.026,7	99%
TOTAAL	160.850,7	118.776,8	74%

TABEL 4: OVERLAPPING TUSSEN GOUDWINNING ONTBOSSING EN DE GREENSTONE BELT

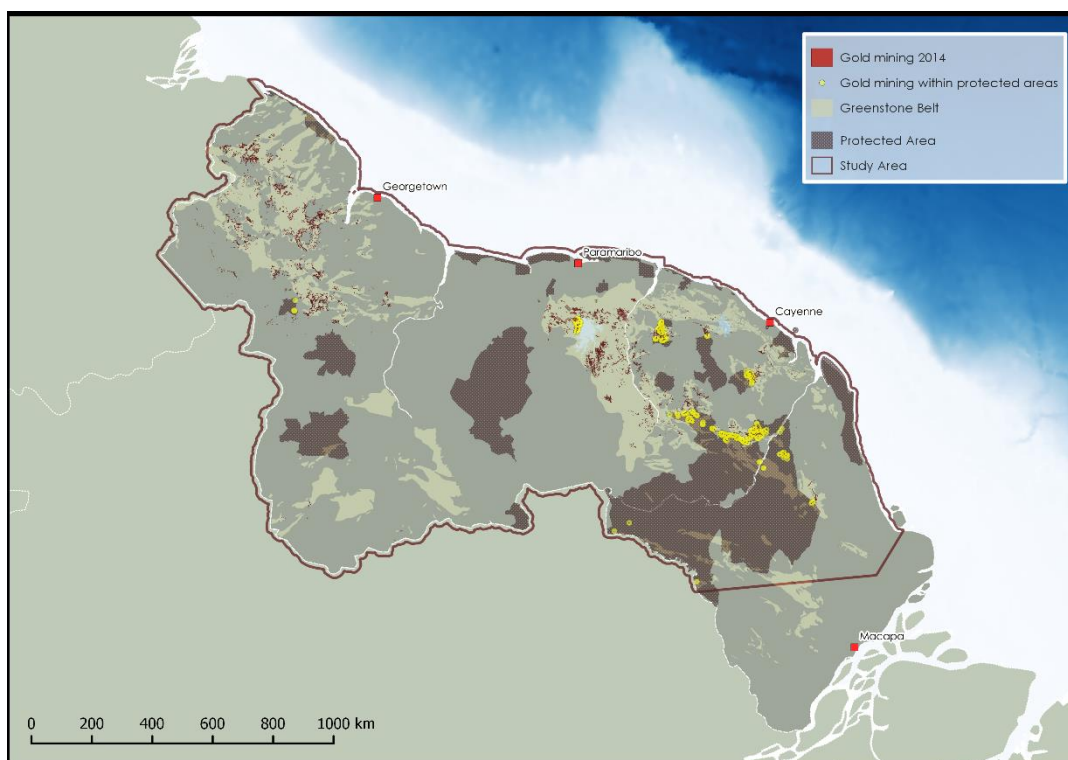
3.1.3.2 Conflict met beschermde gebieden

Figuur 22 toont de ruimtelijke lokalisering van het conflictgebied tussen goudwinningsactiviteiten en beschermde gebieden, alsmede de overlapping met de Greenstone belt.

Er bestaan grote verschillen tussen de gebieden ten aanzien van land dat behoort tot beschermd gebied en wat betreft de omvang van conflictgebieden tussen goudwinning en beschermde gebieden. Meer dan de helft van het noorden van Amapá is beschermd gebied, terwijl dat in Frans-Guyana, Suriname en Guyana respectievelijk 29,3%, 13,3% en 5,5% is (Tabel 5). Het noorden van Amapá en Guyana hebben de minste overlapping tussen goudwinning en beschermde gebieden: 467,5 ha in Amapá en slechts 12,9 ha in Guyana, wat respectievelijk 0,01% en 0,001% van hun beschermde gebieden vertegenwoordigt. Hoewel 1.238,4 ha aan bos is gekapt in het natuurpark Brownsberg in Suriname, zijn beschermde gebieden in Frans-Guyana het meest aangetast door goudwinning: meer dan 4.000 ha aan ontbossing. Dit vertegenwoordigt 70% van de ontbossing veroorzaakt door goudwinning in beschermde gebieden die deel uitmaken van het onderzoeksgebied.

Frans-Guyana heeft ook veruit het grootste aandeel beschermde gebieden die overlappen met de Greenstone belt (18%; Bijlage 3). Bovendien, in Frans-Guyana vindt 68% van de ontbossing die wordt veroorzaakt door goudwinning plaats in beschermde gebieden die overlappen met de Greenstone belt (Bijlage 4). In Suriname, hoewel daar slechts 1% aan beschermd gebied overlapt met de Greenstone belt, vindt alle ontbossing veroorzaakt door goudwinning plaats in beschermde gebieden binnen die 1%. In Guyana en het noorden van Amapá is de situatie anders. In Guyana vindt heel weinig ontbossing plaats in het nationale park Kaieteur, dat ook niet overlapt met de Greenstone belt en in het noorden van Amapá vindt slechts 3% van de ontbossing plaats in beschermde gebieden die overlappen met de Greenstone belt. Op het niveau van het onderzoeksgebied overlapt 69% van de ontbossing veroorzaakt door goudwinning in beschermde gebieden met de Greenstone belt.

Een aantal beschermde gebieden in het onderzoeksgebied ligt gedeeltelijk binnen de Greenstone belt. Dit maakt de gebieden mogelijk kwetsbaar voor goudwinningsactiviteiten die zeer tegenstrijdig zijn met de doelstellingen voor natuurbeschoud. Voorbeelden zijn het nationaal park Tumucumaque in Amapá, Parc Amazonien de Guyane in Frans-Guyana, natuurpark Brownsberg in Suriname en het Kanukugebergte in Guyana. Om extracties en wijzigingen van deze leefgebieden te voorkomen moeten maatregelen worden genomen zoals het voorkomen van grote ontwikkelingsprojecten, het afwijzen van mijnbouwconcessies in het gebied én de bufferzones, en het uitvoeren van regelmatige controles. Het succes van deze interventies zal niet alleen de levensvatbaarheid van de beschermde gebieden beïnvloeden, maar ook het gehele systeem van beschermde gebieden in de regio daar waar overlappings zijn met (bekende) goudreserves (WWF Guianas, 2012).



FIGUUR 22: OVERLAPPING TUSSEN GOUDWINNINGSACTIVITEITEN, BESCHERMDE GEBIEDEN¹² EN DE GREENSTONE BELT¹³

Grondgebied	Beschermde gebieden (ha)	Grondgebied waarop beschermde gebieden liggen (%)	Overlapping met goudwinning (ha)	Overlapping met goudwinning (%)
AMAPÁ	4.233.574,9	52,3	467,5	0,011
FRANS-GUYANA	2.451.425,9	29,3	4.088,1	0,167
GUYANA	1.144.237,0	5,5	12,9	0,001
SURINAME	2.182.528,4	13,3	985,3	0,045
TOTAAL	10.011.766,2	19,2	5553,8	0,055

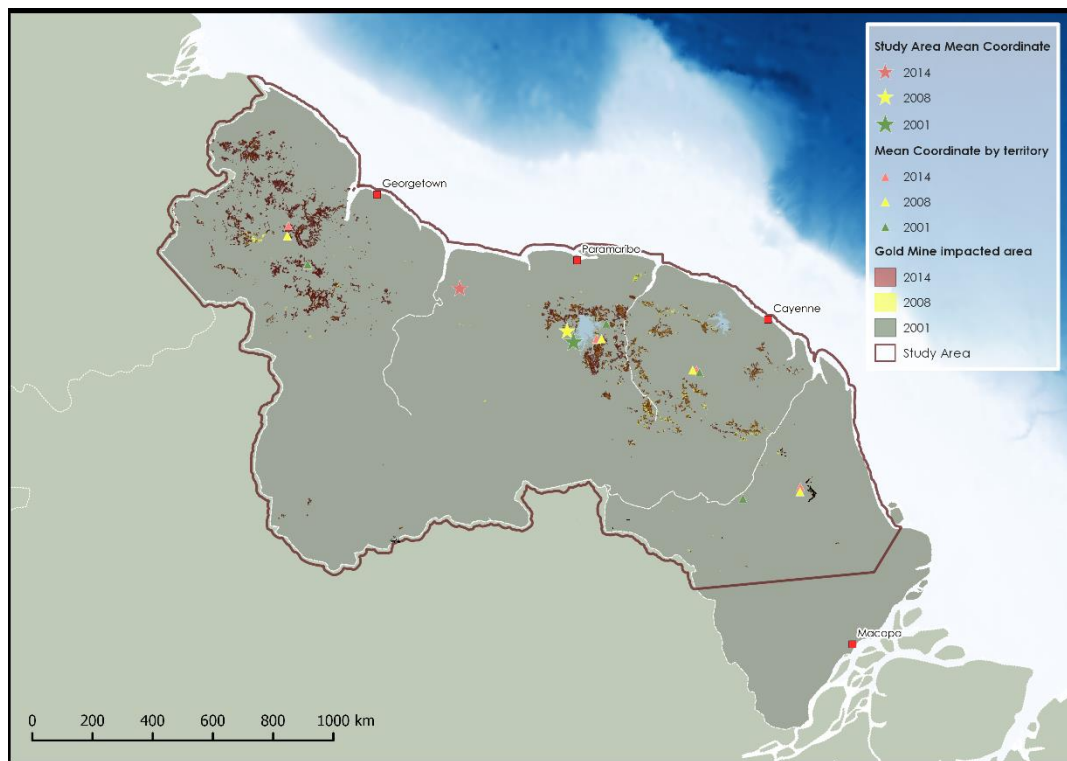
TABEL 5: BESCHERMDE GEBIEDEN AANGETAST DOOR GOUDWINNING

¹² Bron: De staat Amapá (Coordenaria de Geoprocessamento e Tecnologia de Informação Ambiental (CGTIA), 2011); Frans Guyana (ONF, Parc amazonien de Guyane, DEAL and Conservatoire du Littoral and DIREN (2007-2012), available at: <http://www.geoguyane.fr/catalogue/>); Suriname (Stichting voor Bosbeheer en Bostoezicht (SBB)); Guyana (IUCN en UNEP-WCMC (2015)).

¹³ Bron: Staat van Amapá (Onderzoekscentrum Minerale Hulpbronnen in Brazilië, CPRM); beschikbaar via http://geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadlayouts?p_webmap=N); Frans-Guyana (gedigitaliseerd van de geologische kaart van Frans-Guyana (BRGM, 2001); beschikbaar via: http://gisguyane.brgm.fr/sig_geologie2001.htm); Suriname (SBB); Guyana (gedigitaliseerd van de geologische kaart van Guyana (Guyana Geologie en Mijnbouwcommissie 1982-2001; Kaart auteurs: E.Cole en L.J.Heesterman); beschikbaar via: http://www.ggmc.gov.gy/Documents/PDF/GeoServices/guy_geol.pdf);

3.1.3.3 Zwaartepunt goudwinningsactiviteiten

De geometrische term voor zwaartepunt is *barycentrum*. De analyse van het zwaartepunt van goudwinningsactiviteiten biedt de mogelijkheid om een samenvatting te maken van de verdeling van de lappendeken aan ontbossing in de loop der jaren. De nationale en regionale zwaartepunten van de verdeling van de goudmijnen voor elk peiljaar, helpen ons bij het analyseren van de verplaatsing van de activiteiten. Figuur 23 illustreert deze zwaartepunten aan de hand van de grootte van elke mijn.



FIGUUR 23: ZWAARTEPUNT GOUDWINNINGSACTIVITEITEN (AAN DE HAND VAN DE GROOTTE VAN DE MIJNEN) PER GRONDGEBIED EN ONDERZOEKSGBIED IN PEILJAREN 2001, 2008 EN 2014.

Hoofdzakelijk kunnen de volgende twee conclusies worden getrokken uit de analyse van deze indicator. Ten eerste zien we een sterke correlatie tussen de zwaartepunten van 2001 en 2008 op regionaal niveau, wat niet altijd de lokale situatie weergeeft, vooral in Amapá en Guyana. Ten tweede, het regionale zwaartepunt laat een significante verschuiving van de activiteit zien richting het westen in peiljaar 2014. Dit bevestigt wat eerder werd benadrukt in de tekst, namelijk het feit dat de intensiteit van goudwinning veel meer toeneemt in het westelijk deel dan in het oostelijk deel van het onderzoeksgebied. Deze beweging van activiteit in westelijke richting is een regionaal fenomeen en wordt niet waargenomen op lokaal niveau; op alle grondgebieden zijn de zwaartepunten zeer vergelijkbaar tussen 2008 en 2014. Dit betekent dat, op elk grondgebied, de nieuwe ontboste gebieden in 2014 gelijkmatig verdeeld waren rond het zwaartepunt van de activiteit in 2008, wat suggereert dat ontbossing plaatsvond rond dezelfde locaties als in het verleden.

In Amapá concentreert de activiteit zich sinds 2008 rond Lourenço en Regina. Hier bevindt zich een concentratie van de meest aangetaste gebieden. In Frans-Guyana, hoewel goudwinning wijdverspreid is over het grondgebied, is het zwaartepunt in de loop der jaren stabiel gebleven vanwege de

homogene verdeling van de activiteit in zeer geconcentreerde grote mijngebieden. In Suriname, verschuift sinds 2001 het zwaartepunt van de activiteit meer richting het Van Blommenstein stuwmeer, in de richting van het zuiden van het reservoir waar sinds 2008 sprake is van een piek in activiteiten rond de rivier Tapanahony. In Guyana is de activiteit meer en meer geconcentreerd in het noorden van land waar de meest aangetaste gebieden te vinden zijn. Dit beïnvloedt vooral de regionale trend van 2014 door het verplaatsen van het zwaartepunt van de activiteit richting het westen, maar ook naar het noorden.

3.1.3.4 Verdeling en impact van kleinschalige, middelgrote en grootschalige goudwinning

Het is niet mogelijk om met behulp van de analyse van teledetectie duidelijk onderscheid te maken tussen industriële mijnen en ambachtelijke mijnen, vooral omdat de praktijken verschillen per gebied. Echter, de grootte van de mijnen kan worden gebruikt als een graadmeter voor de praktijken en we kunnen veronderstellen dat grotere mijnen een geïndustrialiseerd proces karakteriseren.

Kijkend naar de ontwikkeling van de grootte van mijnen in de loop der tijd, zien we dat in Suriname en Frans-Guyana grootschalige mijnbouw steeds vaker de middelgrote operaties lijkt te vervangen. Zoals weergegeven in Tabel 6, tussen 2001 en 2014, is de omvang van de grootste mijn in Frans-Guyana drie keer groter geworden, van 313,6 ha naar 1.230 ha. Suriname heeft nu de grootste mijn in de regio. Deze heeft een omvang van 2.558 ha en dat is bijna vijf keer groter dan de grootste mijn in 2001. De gemiddelde oppervlakte van de mijnen op beide grondgebieden is ook aanzienlijk toegenomen in de loop der jaren, met respectievelijk 15 ha en 18 ha in 2001 voor Frans-Guyana en Suriname en 20,5 en 25,9 ha in 2014. De trends zijn heel anders in Amapá en Guyana. In Amapá, waar de activiteit afneemt, is de maximale en gemiddelde oppervlakte van de mijnen ook kleiner geworden. In Guyana is de omvang van de grootste mijn over de jaren stabiel gebleven. Echter, het gemiddelde oppervlak van de mijnen is gedeeld door een factor twee. Dit suggereert dat de manier van exploitatie gekoppeld aan de omvang van de mijnen per grondgebied verschillend is.

Gold mining impact on forest cover in 2001 / 2008 / 2014						
	Territory	Total Gold mining area (Ha)	Largest mining site (Ha)	Smallest mining site (Ha)	Mean mining site (Ha)	Standard Deviation (Ha)
2001	AMAPA	2 147.3	758.3	0.3	31.9	94.0
	FRENCH GUIANA	6 421.9	313.6	0.3	15.0	30.7
	GUYANA	5 435.1	1 146.3	0.6	24.7	82.2
	SURINAME	8 295.9	474.7	0.3	18.0	41.6
	TOTAL	22 300.2	1 146.3	0.3	22.4	30.7
2008	AMAPA	2 471.6	709.5	0.5	29.2	89.0
	FRENCH GUIANA	20 936.7	925.6	0.1	13.8	48.2
	GUYANA	17 781.9	1 146.3	0.1	10.8	41.0
	SURINAME	27 253.8	1 222.6	0.1	18.2	66.9
	TOTAL	68 444.0	1 222.6	0.1	18.0	21.4
2014	AMAPA	2 124.8	353.6	0.7	26.2	58.5
	FRENCH GUIANA	24 282.3	1 230.0	0.5	20.5	78.5
	GUYANA	80 774.7	1 237.7	0.5	11.7	42.2
	SURINAME	53 668.9	2 558.3	0.5	25.9	131.7
	TOTAL	160 850.7	2 558.3	0.5	21.1	38.9

TABEL 6: STATISTIEKEN VAN GOUDWINNINGSGEBIEDEN PER GRONDGEBIED EN OP HET NIVEAU VAN HET ONDERZOEKSGEBIED VOOR PEILJAREN 2001, 2008 EN 2014

Er is geen vaste definitie voor wat bedoeld wordt met kleinschalige, middelgrote en grootschalige goudwinning. De definitie kan verschillen afhankelijk van het doel waarvoor de term wordt gebruikt, bijv. hoeveel materiaal wordt verplaatst per jaar, het aantal werknemers en mate van mechanisering, omvang van de exploitatie, enz. De voorlopige definitie gebruikt in dit onderzoek om de verdeling tussen kleinschalige, middelgrote en grootschalige goudwinningsactiviteiten te analyseren, is gebaseerd op het aangetaste bosgebied (in relatie met de grootte van de exploitatie), gedefinieerd als 0,5 tot 10 ha voor kleinschalige goudwinning, 10 ha tot 100 ha voor middelgrote goudwinning en groter dan 100 ha voor grootschalige goudwinning.

Volgens Legg et al. (2014), hebben verschillende internationale mijnbouwbedrijven actieve concessies in de regio, maar wordt de industrie nog steeds gedomineerd, in termen van geografische omvang, aantal mijnwerkers en de gevolgen voor het milieu, door de kleinschalige sector. Geschat wordt dat in de goud-producerende landen in Latijns-Amerika de kleinschalige sector verantwoordelijk is voor 20% - 60% van de goudproductie (Hammond et al., 2013). De grote meerderheid van de kleinschalige goudzoekers in het Guyanaschild is sterk gemechaniseerd en maakt gebruik van zware graafapparatuur en hogedrukslangen. De meesten gebruiken kwik om het goud te scheiden van andere bodemdeeltjes. Na de mijnbouw wordt het gebied meestal verlaten zonder enige inspanning op het gebied van rehabilitatie (Heemskerk, 2011). Peterson en Heemskerk (2001) concluderen, op basis van veldonderzoek over achtergelaten mijnen dat bosherstel na mijnbouw traag is en kwalitatief ondergeschikt in vergelijking met regeneratie na andere manieren van grondgebruik. In tegenstelling

tot gebieden in nabijgelegen oerbossen, blijven grote delen van gebieden waar winningsactiviteiten hebben plaatsgevonden kaalgeslagen, met gras en stilstaand water. Een neveneffect van ontbossing in de buurt van waterwegen is dat het erosie veroorzaakt. Dit kan, op zijn beurt, leiden tot vertroebeling en recirculatie van de overgebleven en/of natuurlijke kwik.

Figuur 24 en Figuur 25 laten voor elk afzonderlijk grondgebied zien wat de ontwikkeling is in het aantal goudmijnen in de gedefinieerde categorieën en het aandeel van de ontbossing veroorzaakt door deze categorieën, in de jaren 2001, 2008 en 2014. Het aantal mijnen neemt door de jaren heen geleidelijk toe, voor elke categorie, in Guyana en Suriname, Maar Amapá en Frans-Guyana laten een andere trend zien.

In Amapá is het aantal middelgrote en grootschalige mijnen stabiel gebleven sinds 2001, maar het aantal kleinschalige mijnen is toegenomen, vooral sinds 2001 en 2008. In de veronderstelling dat middelgrote en grootschalige mijnen vooral betrekking hebben op officiële en legale mijnbouw, kan dit wijzen op een toename van illegale, kleinschalige activiteit. Echter, kleinschalige mijnen moeten niet automatisch geassocieerd worden met illegale mijnbouw, omdat ze ook deel kunnen uitmaken van grotere, legale concessies. Ze kunnen ook verklaard worden door verspreid grondbezit. Aan de andere kant, de hoge toename van kleinschalige mijnen vóór de oprichting van het ICMBio controle-instituut in 2007 en de lichte daling van dit aantal na de oprichting kan worden verklaard door de maatregelen om illegale goudwinning te bestrijden. Wat betreft ontbossing is de trend omgekeerd tussen beide periodes (2001-2008 en 2008-2014) met betrekking tot middelgrote en grootschalige categorieën, namelijk het aandeel van de ontbossing veroorzaakt door middelgrote mijnen is gedaald in 2008 naar 21%, in vergelijking tot 41% in 2001, terwijl in 2014 het aandeel van de ontbossing veroorzaakt door middelgrote mijnen is gestegen en werd hetzelfde niveau gehaald als in 2001 (41%). In beide gevallen was dit gekoppeld aan het aandeel van de ontbossing veroorzaakt door grootschalige operaties. Grootschalige operaties blijven in 2014 de grootste bijdrage leveren aan ontbossing met 49%, vergeleken met 41% door middelgrote operaties en 10% door kleinschalige operaties.

In Frans-Guyana doet de sterke toename van kleinschalige goudmijnen tussen 2001 en 2008, gevolgd door een aanzienlijke vermindering in 2014, denken aan de positieve impact van de maatregelen die de Franse overheid heeft genomen om illegale goudwinningsactiviteiten te bestrijden. De hoge afname in het aandeel van de ontbossing veroorzaakt door kleinschalige en middelgrote mijnen ten gunste van grootschaligere operaties versterken dit idee. Echter, volgens Legg et al. (2013), wordt er nog steeds vanuit gegaan dat er 10.000 illegale mijnwerkers aan het werk zijn in 2012, in vergelijking tot 550 rechtstreekse werknemers in de legale mijnbouwindustrie in zijn geheel. De meeste illegale mijnwerkers zijn immigranten, wat suggereert dat het genereren van inkomen de voornaamste sociaal economische stimulans is (Heemskerk, 2011).

Het aantal mijnen in Guyana is ongeveer vervijfvoudigd in elke categorie tijdens deze laatste periode (2008-2014). De sterke stijging in het aantal kleinschalige mijnen is vooral indrukwekkend, met welgeteld 5.525 mijnen in 2014 vergeleken met 1.066 mijnen in 2008 en slechts 111 in 2001. In 2014 zou de kleinschalige mijnbouw in Guyana werk hebben geboden aan ongeveer 35.000 mensen (McRae, 2014). Guyana is het enige gebied waar grootschalige mijnbouw niet de grootste bijdrage levert aan ontbossing, ook al draagt het meer toe aan ontbossing dan in het verleden, zoals het geval is wat betreft Frans-Guyana en Suriname.

In Suriname dragen grootschalige operaties steeds meer bij tot de ontbossing, ook al neemt het aantal mijnen voortdurend toe in elke categorie, in gelijke verhoudingen. In 2014 vertegenwoordigen grootschalige operaties 64% van de totale ontbossing, vergeleken met 40% in 2001.

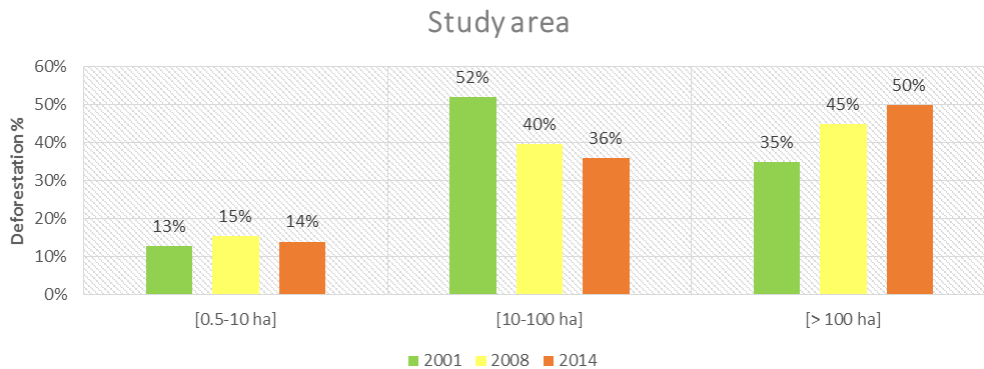
Deze trend is vergelijkbaar op de schaal van het onderzoeksgebied, waar grootschalige mijnbouw door de jaren heen een toenemende bijdrage levert aan ontbossing en nu de grootste bijdrage levert met 50%, vergeleken met 35% in 2001 (Figuur 26). Middelgrote operaties die het meest hebben bijgedragen aan ontbossing in 2001 met 52%, volgen juist een tegenovergestelde trend en leveren nu een bijdrage van 36%. Het aandeel van ontbossing als gevolg van kleinschalige goudwinning is in de loop der jaren stabiel gebleven (circa 15%).



FIGUUR 24: AANTAL GOUDMIJNEN PER CATEGORIE; KLEINSCHALIG (0.5-10 HA), MIDDELGROOT (10-100 HA) EN GROOTSCHALIG (>100 HA) IN AMAPÁ, FRANS-GUYANA, GUYANA EN SURINAME IN 2001, 2008 EN 2014



FIGUUR 25: AANDEEL ONTBOSSING ALS GEVOLG VAN GOUDWINNING DOOR KLEINSCHALIGE (0.5-10 HA), MIDDELGROTE (10-100 HA) EN GROOTSCHALIGE (>100 HA) MIJNBOUW IN AMAPÁ, FRANS-GUYANA, GUYANA EN SURINAME IN 2001, 2008 EN 2014



FIGUUR 26: PERCENTAGE ONTBOSSING VEROOorzaakt DOOR KLEINSCHALIGE, MIDDELGROTE EN GROOTSCHALIGE GOUDWINNING IN 2001, 2008 EN 2014

3.2 Waterwegen mogelijk aangetast door goudwinning

Volgens WWF Guianas (2012), houden de belangrijkste negatieve gevolgen voor de rivieren verband met kleinschalige goudwinning. Maar het houdt ook verband met de hoeveelheid kwik die wordt gebruikt in het chemische proces om goud te winnen. Kwik is een zwaar metaal dat zeer giftig is voor vrijwel alle biodiversiteit. Het dringt binnen in de aquatische ecosystemen in opgeloste vorm in de waterkolom. Het kan ook giftige producten opleveren, zoals ethylkwik (monomethylkwik-kation), wat zeer stabiel is en langdurig aanwezig blijft in het ecosysteem (mogelijk enkele duizenden jaren). Kwik verontreinigt het rivierslib en werkt zijn weg omhoog naar de voedselketen in een proces dat bioaccumulatie wordt genoemd, d.w.z. het bereikt hoge concentraties in roofzuchtige soorten, zoals sommige vissoorten, waarvan sommige soorten geschikt zijn voor consumptie. Een andere belangrijke verstoring van het aquatisch milieu is de toename in de turbulentie en vertroebeling (Figuur 27), wat het ecosysteem beïnvloed en de nadelige effecten van de kwikverontreiniging kan versterken. De meeste kleinschalige activiteiten bevinden zich nabij beken en stromen, daar waar het ecosysteem rechtstreeks wordt beïnvloed en verstoord door deze praktijken. De natuurlijke regeneratie van aangetaste aquatische ecosystemen is een zeer langzaam proces dat honderden jaren kan duren. Antropische restauratie zou sneller zijn, maar het is heel lastig te implementeren en het is heel kostbaar.

De resultaten van de impact van goudwinning op waterwegen geeft een indicatie van de potentiële verspreiding van vervuilende stoffen, zoals kwik dat terechtkomt in het milieu via het riviereengebied. Echter, onlangs verzameld bewijs geeft aan dat de impact van kwik toegepast in goudwinning wordt onderschat als alleen de impact van neerwaartse stroming in aanmerking wordt genomen (Ouboter *et al.*, 2012) en dat specifiek onderzoek nodig is om meer inzicht te krijgen in de onderlinge relatie tussen mijnbouwactiviteiten en het milieu.

De volgende paragrafen presenteren eerst de resultaten van de mogelijk aangetaste waterwegen in de regio voor peiljaar 2014, en in de tweede plaats worden deze resultaten vergeleken met peiljaren 2001 en 2008.



FIGUUR 27: RIVIER AANGETAST DOOR GOUDWINNINGSACTIVITEITEN (ZICHTBAAR TROEBEL EN MET EEN NIET-TRANSPARANTE BEIGE-ACHTIGE KLEUR -BRON: ©ONF)

3.2.1 Peiljaar 2014

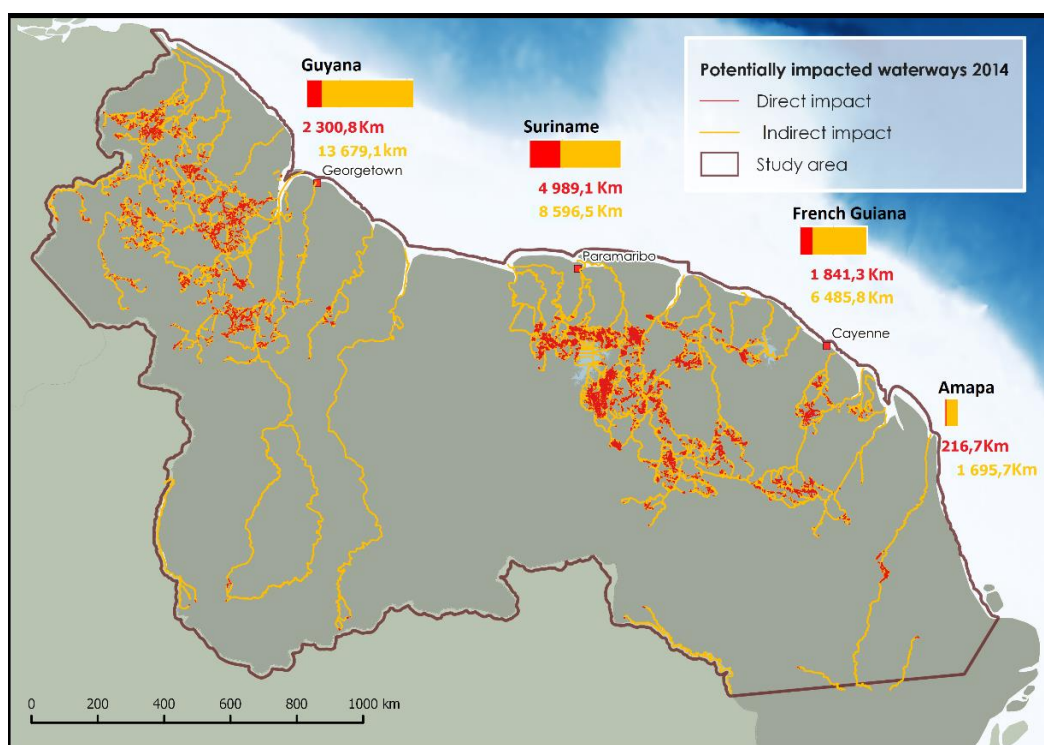
Op het niveau van het onderzoeksgebied is de lengte van de waterwegen die direct zijn aangetast door goudwinning in totaal 9.347,9 km en het indirecte netwerk van mogelijk aangetaste waterwegen beslaat 30.457,1 km. In totaal¹⁴ wordt 39.805 km waterwegen mogelijk aangetast door goudwinning, waarvan 22,5% in direct contact staat met goudwinningsactiviteiten (Figuur 28 en Figuur 29).

Guyana heeft het grootste netwerk van mogelijk aangetaste rivieren. Echter, de lage verhouding directe/indirecte impact kan deels worden verklaard door het lage aantal kleinschalige goudmijnen gelegen in het uiterste zuiden van het land (ver verwijderd van de kust), wat een mogelijk indirecte impact genereert over een lengte van 2.500 km. Suriname, hoewel het in totaal het tweede grootste aangetaste lengte heeft, bezit veruit het langste netwerk van waterwegen dat in direct contact staat met goudwinningsactiviteiten (4.989,1 km). Dit kan worden verklaard door de aanwezigheid van grotere mijnen in vergelijking met de andere gebieden, maar ook door de hoge concentratie van activiteiten rondom de Brokopondo waterkrachtcentrale vlakbij de grens met Frans-Guyana. Alhoewel de directe impact minder groot is in Frans-Guyana, komt de indirecte impact vooral voor in de richting van Suriname. Dit komt door de brede spreiding van de activiteit over het gebied in vergelijking met Suriname waar de activiteiten vooral plaatsvinden in de buurt van de grens met Frans-Guyana. Deze zeer hoge concentratie van Surinaamse en Franse activiteiten vlakbij de grens suggereren een grote impact op de rivieren in de regio, vooral de rivier de Maroni die langs de grens van de twee gebieden stroomt. Veel gemeenschappen in het binnenland van Suriname zijn niet aangesloten op het openbare waternet. De slechte kwaliteit van het water is een groot probleem, aangezien het ziektes als diarree en andere door water overgedragen ziektes veroorzaakt. Dit speelt vooral een rol in het droge seizoen als er geen regenwater als alternatief is (Heemskerk en Oliveira 2003).

¹⁴ Dit totaal is niet gelijk aan de som van de aangetaste waterwegen op elk grondgebied, omdat waterwegen die door twee grondgebieden stromen slechts één keer worden geteld.

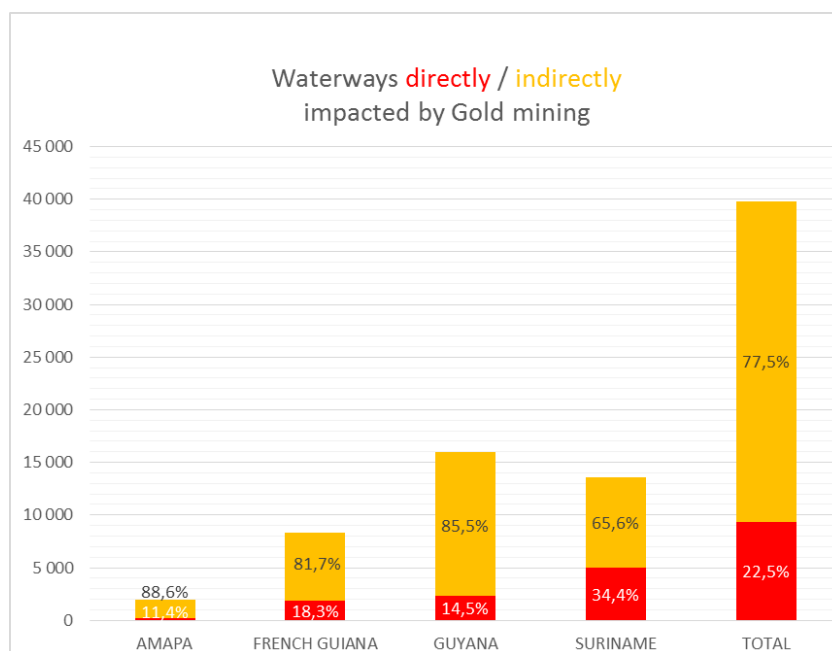
Het Franse instituut voor Onderzoek en Ontwikkeling is bezig met een onderzoek in de regio om het niveau van zwevende stoffen te evalueren en de impact van goudwinning in de belangrijkste rivieren van Frans-Guyana, inclusief de rivier de Maroni. Gezien het lage niveau van goudwinningsactiviteiten en de kleinschalige mijnen in Amapá, is het stroomgebied in dit gebied mogelijk veel minder aangetast dan in de andere grondgebieden.

Zoals beschreven in de methodologie, de resultaten die hier worden gegeven zijn gebaseerd op een theoretisch stroomgebied gegenereerd door teledetectie-methoden. Het gegenereerde stroomgebied kan enigszins zijn overschat op sommige plaatsen, vooral in vlakke gebieden. Echter, recent verzameld bewijs wijst erop dat de impact van het gebruik van kwik in goudmijnen wordt onderschat als alleen wordt gekeken naar de aantasting stroomafwaarts (Ouboter *et al.*, 2012). Het lijkt erop dat de atmosferische overdracht van kwik, door (noordoostelijke passaat-) wind, gevolgd door natte depositie, ervoor kan zorgen dat aanzienlijke hoeveelheden kwik reeds aangetaste goudmijnen of zelfs ongerepte aquatische systemen binnendringen. Op verschillende plaatsen in Suriname, zelfs in gebieden waar geen goudwinning plaatsvindt of heeft plaatsgevonden, worden zeer hoge kwikwaarden aangetroffen in vissen en slib. Deze waarden zijn vaak hoger dan de internationale veiligheidsnormen voor consumptie door de mens. Er is opgemerkt dat ongerepte gebieden zelfs gevoeliger zouden kunnen zijn voor kwik dan gebieden die zijn aangetast door goudwinning, omdat kwik vrij beschikbaar is voor bioaccumulatie en door het ecosysteem kan worden opgenomen. Negatieve gevolgen worden verwacht voor de aquatische flora en fauna, reptielen, vogels en zoogdieren en indirecte gevolgen voor bevolkingsgroepen.



FIGUUR 28: WATERWEGEN MOGELIJK AANGETAST DOOR GOUDWINNING IN PEILJAAR 2014¹⁵

¹⁵ Deze kaart geeft geen landsgrenzen weer, maar alleen de waterwegen die zijn aangetast door goudwinningsactiviteiten.

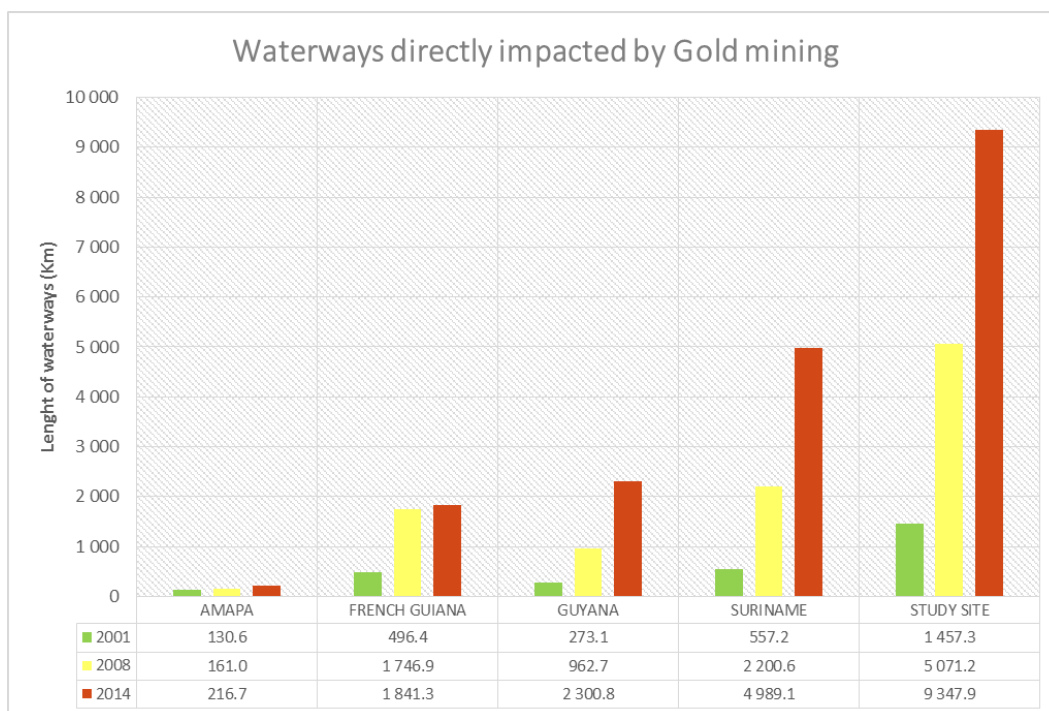


FIGUUR 29: LENGTE EN AANDEEL VAN WATERWEGEN DIE MOGELIJK DIRECT EN INDIRECT ZIJN AANGETAST DOOR GOUDWINNING IN PEILJAAR 2014

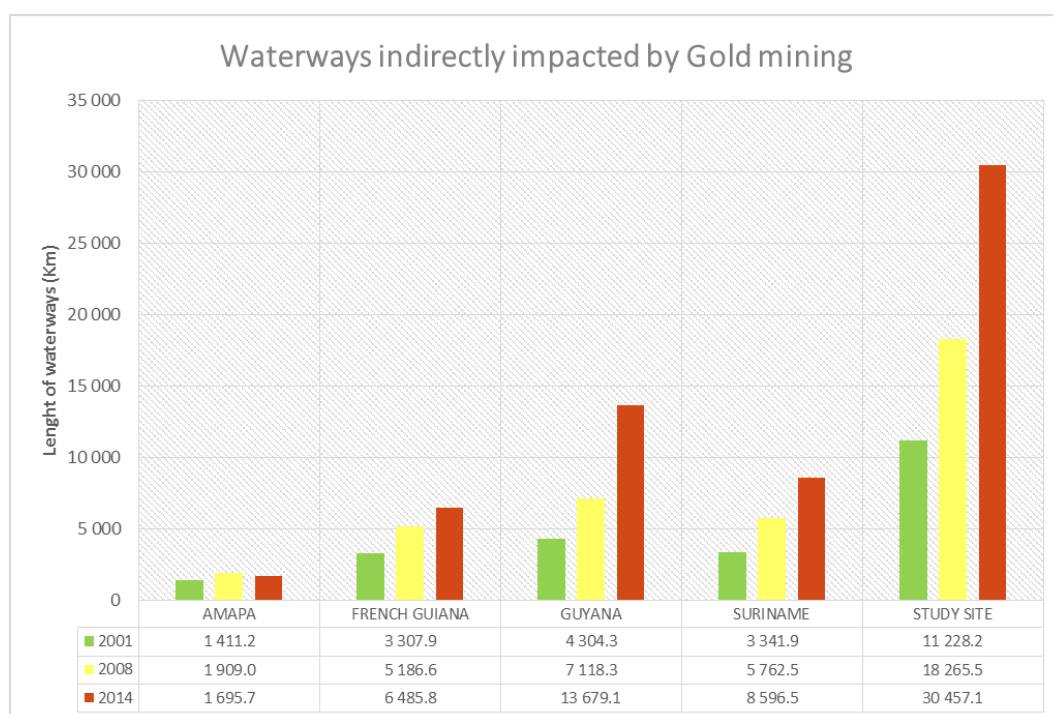
3.2.2 Resultaten in vergelijking met peiljaren 2001 en 2008

Het vergelijken van de resultaten van mogelijk aangetaste waterwegen in het peiljaar 2014 aan de hand van het onderzoek 2001-2008 was een uitdaging. Vooral omdat de nauwkeurigheid van de SRTM-gegevens die zijn gebruikt om het stroomgebied te genereren drie keer hoger was in 2014 (30m) dan in 2001-2008 (90m). Dit kan de nauwkeurigheid van de gegevens in beide onderzoeken aanzienlijk beïnvloeden. Het onderzoek van 2014 zou enigszins de gevolgen in sommige vlakke gebieden kunnen overschatten, terwijl het 2001-2008 onderzoek de gevolgen juist zou kunnen onderschatten vanwege het gebrek aan gedetailleerde informatie over het gegenereerde stroomgebied.

Desalniettemin, Figuur 30 en Figuur 31 tonen een aanzienlijke verhoging van de impact op waterwegen in de loop der jaren op het niveau van het onderzoeksgebied. De stijging van de directe impact is vooral hoog, aangezien dit zich heeft vermeerderd met 541% sinds 2001, in vergelijking met 171% voor indirecte impact. Als gevolg daarvan heeft de verhouding directe/indirecte impact ook de neiging gehad om door de jaren heen te stijgen: circa 1/7 in 2001, 1/5 in 2008 en 1/3 in 2014. Dit is voornamelijk te wijten aan de toename van de activiteiten in de loop der jaren rondom oudere mijnen, vooral gestuurd door de aanwezigheid van de Greenstone belt en de bereikbaarheid van het gebied. Deze nieuwe mijngebieden hebben indirect impact op de rivieren die al te maken hadden gekregen met de gevolgen van de oudere mijnen.



FIGUUR 30: DIRECTE IMPACT VAN GOUDWINNING OP WATERWEGEN IN PEILJAREN 2001, 2008 EN 2014



FIGUUR 31: MOGELIJK INDIRECTE IMPACT VAN GOUDWINNING OP WATERWEGEN IN PEILJAREN 2001, 2008 EN 2014

4. Conclusies en vooruitzichten

De bossen en waterwegen in het Guyanaschild worden steeds meer aangetast door goudwinningsactiviteiten. Deze trend was al zichtbaar in de periode 2001-2008 en is drastisch bevestigd wat betreft de periode 2008-2014 met meer dan 92.000 ha aan bosoppervlak dat recentelijk is aangetast door goudwinning, vergeleken met circa 46.000 ha ontbossing tijdens de eerste periode.

De oorzaak voor deze resultaten is te vinden in verschillende situaties en praktijken in de onderzochte grondgebieden. Ondanks sterk repressief beleid en maatregelen die nodig zijn om het fenomeen terug te dringen of te stabiliseren in het oostelijk deel van de regio is, in het algemeen, ontbossing veroorzaakt door goudwinning duidelijk beïnvloed door de stijgende goudprijs en de wereldwijde vraag naar goud, vooral sinds de internationale financiële crisis in de periode 2007-2008.

Goudwinning vormt niet alleen een bedreiging voor bossen; de activiteiten vormen ook een serieuze bedreiging voor de kwaliteit van het water, milieuvervuiling en de volksgezondheid. In 2014 stond 9.000 km aan waterwegen in direct contact met mijnen, wat ongeveer 6,5 keer meer is dan in 2001. Dit veronderstelt dat vervuiling zich toenemend aan het verspreiden is en het daardoor steeds moeilijker wordt om de gevolgen aan te pakken en teniet te doen, vooral in verband met de zeer hoge persistentie van kwik in het milieu. Deze persistentie betekent dat zelfs als er vandaag maatregelen worden genomen om het gebruik van kwik te stoppen, de negatieve gevolgen vele tientallen jaren voelbaar zullen blijven.

In een dergelijke kritieke situatie wordt het steeds dringender voor landen om hun kennis en begrip over de gevolgen van goudwinning te verbeteren. Dit betekent ook het handhaven van de regelgeving. Controlemethodes- en hulpmiddelen zoals ontwikkeld binnen het kader van dit onderzoek, zijn een voorwaarde om dit te kunnen bereiken en deze moeten nog verder verbeterd en ingezet worden in de toekomst.

In het licht van het verbeteren van de vooruitzichten zou het nuttig zijn om de resultaten van dit onderzoeken te combineren met gegevens uit het veld betreffende, onder andere, kwikvervuiling of goudwinningsactiviteiten, om zo de veronderstellingen en analyses van dit onderzoek beter te kunnen definiëren. Tegelijkertijd zou dit onderzoek dat is voorzien van meer specifieke, contextuele elementen kunnen bijdragen aan het ontcijferen van de geproduceerde gegevens, vooral op het gebied van lokale praktijken, het wettelijk kader (per land verschillend) en beleid en maatregelen ontwikkeld door landen om de impact van de gevolgen van goudwinning op het milieu te beperken. De grensoverschrijdende aanpak en analyse is noodzakelijk om te begrijpen wat de mogelijke effecten kunnen zijn van nieuw beleid en nieuwe maatregelen op het verplaatsen van goudwinningsactiviteiten, zoals waargenomen in dit onderzoek. Bijvoorbeeld, kan de vertraging van de impact van goudwinning op bossen zoals waargenomen in Frans-Guyana tussen 2008 en 2014, evenals de stabilisering in Amapá, deels worden verklaard door de versnelling die is waargenomen in Guyana en Suriname? Bewijs van dergelijke bewegingen zijn in het verleden al eens aangetoond met de komst van de *garimpeiros* (mijnwerkers) die waren verbannen uit natuurreservaten en inheemse gebieden in Brazilië en hun geluk over de grens zochten, in de ecoregio van het Guyanaschild. Op dezelfde manier, elke keer als de Franse gendarmerie invallen organiseert in bossen om *garimpeiros* te verdrijven, wordt telkens een tijdelijke toename van *garimpeiros* opgemerkt aan de Surinaamse kant van de grens (Heemskerk, 2011).

Voordat de bewakingsinstrumenten en de analyse die kan worden gemaakt van de geproduceerde gegevens kan worden verbeterd, moet eerst dit type onderzoek worden herhaald met dezelfde

gezamenlijke aanpak. Samenwerking maakt de ontwikkeling mogelijk van solide en betrouwbare instrumenten en capaciteitsopbouw van organisaties die direct betrokken zijn bij het produceren van gegevens en het uitvoeren van analyses. Maar, het maakt het vooral mogelijk om een consistente en gezamenlijke visie te ontwikkelen op de situatie in de regio. Deze gedeelde visie is een noodzakelijke stap in het ontwikkelen van de regionale dialoog over goudwinning. De gegevens die in dit onderzoek zijn geproduceerd, maar vooral het feit dat ze zijn geproduceerd binnen een samenwerkingsverband, is een duidelijke stimulans voor het uitwisselen van goede praktijken en het evenaren van succesvolle maatregelen die zijn genomen om de gevolgen van goudwinning op het milieu te beperken. Gemeenschappelijke en gedeelde resultaten faciliteren de regionale en grensoverschrijdende dialoog. Op deze manier wordt het mogelijk om een samenwerking voor de lange termijn aan te gaan om zo gezamenlijk de mondiale en regionale gevolgen van goudwinning het hoofd te bieden.

Uiteraard zal het reproduceren van dit regionale gezamenlijke onderzoek de inspanningen en toewijding van alle partners vereisen. Maar het zal alleen mogelijk zijn met de steun van de internationale gemeenschap om deze regionale handel te faciliteren en om de toegang tot technologie te waarborgen (met inbegrip van satellietbeelden) die nodig is voor het maken van dergelijke analyses.

5. Bijlagen

BIJLAGE 1: ONDUIDELIJKHEID- MATRIX VAN DE NAUWKEURIGHEIDSBEOORDELING VAN DE IN KAART GEBRACHTE GOUDMIJNEN OP ELK GRONDGEBIED

Frans-Guyana					
	classificatiepunten				
		Goudwinning	Geen goudwinning	totaal	Gebruiker Nauwkeurigheid
Controlepunten	Goudwinning	1057	69	1126	93,9%
	Geen goudwinning	17	357	374	95,5%
	Totaal	1074	426	1500	
	Maker Nauwkeurigheid	98,4%	83,8%		
	Algemene Nauwkeurigheid	91,1%			

Amapá					
	classificatiepunt				
		Goudwinning	Geen goudwinning	totaal	Gebruiker Nauwkeurigheid
Controlepunten	Goudwinning	302	23	325	92,9%
	Geen goudwinning	7	168	175	96,0%
	Totaal	309	191	500	
	Maker Nauwkeurigheid	97,7%	88,0%		
	Algemene Nauwkeurigheid	92,8%			

Guyana					
	classificatiepunten				
		Goudwinning	Geen goudwinning	totaal	Gebruiker Nauwkeurigheid
Controlepunten	Goudwinning	2502	126	2628	95,2%
	Geen goudwinning	74	798	872	91,5%
	Totaal	2576	924	3500	
	Maker Nauwkeurigheid	97,1%	86,4%		
	Algemene Nauwkeurigheid	91,7%			

Suriname					
	classificatiepunten				
		Goudwinning	Geen goudwinning	totaal	Gebruiker Nauwkeurigheid
Controlepunten	Goudwinning	1765	112	1877	94,0%
	Geen goudwinning	50	573	623	92,0%
	Totaal	1815	685	2500	
	Maker Nauwkeurigheid	97,2%	83,6%		
	Algemene Nauwkeurigheid	90,4%			

BIJLAGE 2: JAARLIJKSE VERANDERING VAN BOSSEN PER PERIODE & STIMULANS IN DE PERIODE 1990 - 2013 (BRON: GUYANA MRVS INTERIM MEASURES REPORT FOR PERIOD JANUARY 1 TO DECEMBER 31, 2013)

Wijzigen Periode	Wijzig periode	Jaarpercentage veranderingen per driver						Jaarpercentage veranderingen (ha)
		Bosbouw	Landbouw	Mijnbouw	Infrastructuur	Brand	Nederzettingen	
	(jaren)	Jaarlijks gebied (ha)						
1990-2000	10	609	203	1.084	59	171		2.127
2001-2005	5	1.684	570	4.288	261	47		6.850
2006-2009	4.8	1.007	378	2.658	41			4.084
2009-10	1	294	513	9 384	64	32		10 287
2010-11	1.25	186	41	7 340	298	46		7 912
2012	1	240	440	13 664	127	184		14 655
2013	1	330	424	11.518	342	96	23	12.733

BIJLAGE 3: OVERLAPPING TUSSEN BESCHERMDE GEBIEDEN EN DE GREENSTONE BELT

Grondgebied	Beschermde gebieden (ha)	Overlapping met Greenstone belt (ha)	Overlapping met Greenstone belt (%)
AMAPÁ	4 233 574.9	382.992,4	9%
FRANS-GUYANA	2.451.425,9	438.64,7	18%
GUYANA	1 144 237.0	77775.8	7%
SURINAME	1.940.695,7	24.011,0	1%
TOTAAL	10 011 766.2	924 350.1	9%

BIJLAGE 4: INVLOED VAN DE AANWEZIGHEID VAN DE GREENSTONE BELT OP ONTBOSSING IN BESCHERMDE GEBIEDEN

Grondgebied	Goudwinning in beschermde gebieden (ha)	Goudwinning in beschermde gebieden met een overlapping met de Greenstone belt (ha)	Goudwinning in beschermde gebieden met een overlapping met de Greenstone belt (%)
AMAPÁ	467,5	14,7	3%
FRANS-GUYANA	4.088,1	2.772,0	68%
GUYANA	13,2	-	0%
SURINAME	1.238,4	1.238,4	100%
Totaal	5.807,1	4.025,2	69%

6. Literatuurverwijzingen

Alvarez-Berrios, N.L., and Mitchell Aide, T. (2015), Global demand for gold is another threat for tropical forests: *Environmental Research Letters*, v. 10, no. 1, p. 014006.

Centrale Bank van Suriname (CBvS) (2014). Leading Sector of Suriname: The impact of Mining, Agriculture and Tourism Activities on the Economy 1970 – 2012, pp 29-46. Publicatie beschikbaar op: <https://www.cbvs.sr/images/content/governors/2014/LeadingSectorsofSurinameDecember2014.pdf> f%20. [Geraadpleegd in juli 2015].

Conservation International-Guyana (CI-Guyana) (2014). The Extractive Industry in Guyana - A trigger for Sustainable development policy brief. December 2014.

DRIRE (2010). Antilles-Guyane. Bilan and objectifs 2009-2010. Beschikbaar via Direction regionale de l'industrie de la recherche et de l'environnement, op: <http://www.ggm.drire.gouv.fr/actu/RapportDrire2010.pdf>. [Geraadpleegd in juli 2015].

FAO (2010). AQUASTAT online database, Totaal hernieuwbare waterbronnen, Voedsel- en Landbouworganisatie, Rome. www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm. In: WWF Guianas, 2012.

Foody, G. M. (2001). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment* 80:185-201.

Foody, G.M. (2015). Valuing map validation: The need for rigorous land cover map accuracy assessment in economic valuations of ecosystem services [online]. *Ecological Economics*. 111, pp. 23–28.

da Fonseca, G.A.B., Rodriguez, C.M., Midgley, G., Busch, J., Hannah, L., and Mittermeier, R.A. (2007) No Forest Left Behind. *PLoS Biol* 5(8).

FRA (2010). Global Forest Resources Assessment, Country Reports. Voedsel- en Landbouworganisatie, Rome. <http://www.fao.org/forestry/fra/67090/en/>.

GFC and Pöyry (2011). Interim Measures Report. Guyana REDD+ Monitoring Reporting and Verification System (MRVS). Guyana Forestry Commission and Pöyry Management Consulting (NZ) Limited.

Griscom, B., Shoch, D., Stanley, B., Cortez, R., and Virgilio, N. (2009). Implications of REDD baseline methods for different country circumstances during an initial performance period. The Nature Conservancy. Beschikbaar via: https://unfccc.int/files/land_use_and_climate_change/redd/submissions/application/pdf/redd_20090313_tnc.pdf. [Geraadpleegd in mei 2015].

Guyana Bureau of Statistics, Imports and Exports, G.B.o.Statistics, Editor. 2012. In: Singh *et al.*, 2013

Guyana Gold Mining Commission (GGMC) (2010). Mineral Report 2010. Verkregen via: <http://www.ggmc.gov.gy/Documents/2010MinReview.pdf>. In: Conservation International-Guyana (2014)

Guiana Shield Facility (2012). Resource mobilisation strategy. Beschikbaar via: http://guianashield.org/index.php/publications-home/doc_download/256-gsf-resource-mobilisation-strategy. [Geraadpleegd in juli 2015].

- Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, and J. R. G. Townshend. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* 342 (15 november): 850–53. Gegevens beschikbaar online via: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>. [Gedownload in mei 2015].
- Hammond, D.S., Gond, V., de Thoisy, B., Forget, P-M., and DeDijn, B. (2007) Causes and consequences of a tropical forest gold rush in the Guiana Shield, South America. *AMBIO*. 36(8):661–670.
- Heemskerk, M. (2011). Small-Scale Gold Mining in the Transboundary Areas of Brazil, Suriname and French Guiana. Social and Environmental Issues. UNDP GSF.
- Heemskerk, M. (2000). Driving forces of small-scale gold mining among the Ndjuka Maroons: A cross-scale socioeconomic analysis of participation in gold mining in Suriname. Proefschrift, University of Florida, Gainesville.
- Heemskerk, M. and Duijves, C. (2013). Small-Scale Gold Mining and Conflict in Suriname. Hoofdstuk 6. Small-Scale Gold Mining in the Amazon the Cases of Bolivia, Brazil, Colombia, Peru and Suriname. CEDLA. In: Legg *et al.*, 2015
- Heemskerk, M. and Oliveira, M. (2004). Maroon perceptions of small-scale gold mining impacts, II. A survey in mining camps and affected communities in Suriname and French Guiana. WWF-Guianas Gold Mining Pollution Abatement Programme.
- Horth, G. (2011). "Kwikkvrije" verwerkingstechnieken. Gepresenteerd tijdens: Transforming the small-scale gold mining sector. WWF Guianas en het ministerie van Natuurlijke Hulpbronnen van de Republiek Suriname.
- IEDOM (2014). French Guiana at a Glance. Beschikbaar via Institut D'Emission des Departments D'Outre-Mer: http://www.iedom.fr/IMG/pdf/ne276_portrait_panorama_2013_guyane_version_anglaise.pdf. In: Legg *et al.*, 2015
- IUCN en UNEP-WCMC (2015), The World Database on Protected Areas (WDPA) [On-line], Cambridge, UK: UNEP-WCMC. Beschikbaar via: www.protectedplanet.net. [Gedownload in juli 2015].
- Kennedy, R.E., Yang, Z., and Cohen, W.B. (2010). Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. LandTrendr—Temporal segmentation algorithms. *Remote Sens. Environ.*, 114, 2897–2910.
- Lee, D.S., Storey, J.C., Choate, M.J., and Hayes, R.W. (2004). Four years of Landsat-7 on-orbit geometric calibration and performance. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 42, 2786–2795.
- Lefebvre JL (2009). Production aurifère en baisse, 2009. Beschikbaar via: http://www.insee.fr/fr/insee_regions/guyane/themes/ae_bilan/aes71gy/aes71gy_art11.pdf. [Geraadpleegd in juli 2015].
- Legg, E.D., Ouboter, P.E., Wright, M.A.P. (2015). Small-Scale Gold Mining Related Mercury Contamination in the Guianas: A Review. WWF Guianas.
- Liu, L., Wang, Y., and Wang, Y. (2011). Adaptive steepest descent method for pan-sharpening of multispectral images. *Optical Engineering*, ISSN : 0091-3286, Volume : 50, Numéro : 9.

McRae E (2014). Source of Mercury Entering Guyana for Gold Mining: Sources and Distribution of Mercury in Guyana. Consultancy report submitted to GGMC, Guyana.

Olofsson, P., Foody, G.M., Herold, M., Stehman, S.V., Woodcock, C.E., Wulder, M.A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment* 148: 42–57.

Olson, D.M., Dinerstein, E., and Wikramanayake, E.D. (2001). Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth *Bioscience* 51 933–8.

ONF (2010). Étude de l'impact de l'activité Aurifère sur le plateau des trois Guyanes. Office National des Forêts, la Guyane. WWF Guianas, Paramaribo. Beschikbaar via: http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/2010__etude_emprise_orpillage_3_guyanes_finaale.pdf. [Geraadpleegd in juli 2015].

Ouboter, P.E., Landburg, G.A., Quik, J.H.M., Mol, J.H.A., and Van der Lugt, F. (2012). Mercury Levels in Pristine and Gold Mining Impacted Aquatic Ecosystems of Suriname, South America. *AMBIO* DOI 10.1007/s13280-012-0299-9.

Peterson, G. D. and Heemskerk, M. (2001). Deforestation and forest regeneration following small-scale gold mining in the Amazon: the case of Suriname. *Environmental Conservation* 28 (2): 117–126

Rennó, C.D., Nobre, A.D., Cuartas, L.A., Soares, J.V., Hodnett, M.G., Tomasella, J., Waterloo, M.J. (2008). HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment* 112, 3469–3481.

Singh, D., Bernard, C., Rampersaud, P., Laing, T., Balraj, D., Priester, M., Hentschel, T., Williams, P., Williams, A., Davis, O., Watson, L.C. (2013). Guyana's Extractive Industry Sector (EIS): A Synopsis of Issues and Recommendations for the Mining Sector as a Sustainable Element of Guyana's Low Carbon Development Strategy (LCDS). CI-Guyana, Projekt-Consult GmbH and WWF Guianas, 2013.

Sundaresan, A., Varshney, P., and Arora, M. (2007). Robustness of change detection algorithms in the presence of registration errors. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 73, 375–383.

Theveniaut, H., Billa, H., Cassard, H., Delor, C., Maldan, F. (2011). Le plateau des Guyanes et son potentiel minier. *Geosciences*, pp.60-67.

US Geological Survey (USGS) (2012). 2012 Minerals Yearbook: French Guiana, Guyana, and Suriname. Beschikbaar via: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2012/myb3-2012-gf-gy-ns.pdf>. In: Legg et al., 2015

Veiga, M.M. (1997). Small-scale gold mining activities in Suriname. Report. United Nations Industrial Development Organization, Vancouver, BC, Canada.

Woodcock, C. E., Allen, R., Anderson, M., Belward, A., Bindschadler, R., Cohen, W., *et al.* (2008). Free access to Landsat imagery. *Science*, 320, 1011.

WWF Guianas (2012). Living Guianas Report 2012. WWF Guianas, Paramaribo, Suriname. WWF publicatie beschikbaar via: <http://wwf.panda.org/?207255/living-guianas-report-2012>. [Geraadpleegd in juli 2015].