



Bruxelles, le 13.3.2019
COM(2019) 142 final

ANNEXES 1 to 2

ANNEXES

du

**RAPPORT DE LA COMMISSION AU PARLEMENT EUROPÉEN, AU CONSEIL,
AU COMITÉ ÉCONOMIQUE ET SOCIALE ET AU COMITÉ DES RÉGIONS**

**sur l'état de l'expansion, à l'échelle mondiale, de la production de certaines cultures
destinées à l'alimentation humaine et animale**

ANNEXE 1

EXAMEN DE LA LITTÉRATURE CONCERNANT L'EXPANSION DES CULTURES SUR LES TERRES RICHES EN CARBONE ET NOUVELLE ANALYSE FONDÉE SUR LE SIG

Champ d'application

Le présent examen, réalisé par le Centre commun de recherche (JRC) de la Commission, offre un aperçu et une synthèse des résultats les plus pertinents de la littérature scientifique concernant l'expansion des zones de production des matières premières agricoles sur des terres présentant un stock de carbone important, conformément aux définitions de la directive RED II.

Soja

Il n'existe qu'une seule étude ayant fait l'objet d'un examen par les pairs qui estime la déforestation causée par le soja à l'échelle mondiale, et qui couvre une période incluant la déforestation après 2008. [Henders et al. 2015] ont commencé par des mesures fondées sur le SIG de la déforestation année après année dans toutes les régions tropicales, et ont attribué cette déforestation à différents facteurs, notamment l'expansion du soja et de l'huile de palme, selon une analyse complète de la documentation régionale (cette analyse est détaillée dans leurs informations complémentaires). Toutefois, leurs données ne couvrent que la période entre 2000 et 2011.

Estimation par le JRC du % de déforestation dans l'expansion du soja au Brésil			
	Amazonie	Cerrado	Reste du Brésil
% d'expansion du soja au Brésil 2008-2017	11 %	46 %	44 %
% d'expansion sur les forêts	5 %	14 %	3 %
MOYENNE PONDÉRÉE BRÉSIL d'expansion sur les forêts	8,2 %		

Compte tenu de l'absence d'études fournissant des données récentes à l'échelle mondiale, les données du Brésil, d'autres pays d'Amérique du Sud et du reste du monde ont été combinées. Pour le Brésil, les données concernant l'expansion du soja depuis 2008 sont extraites de la base de données brésilienne IBGE-SIDRA, et combinées avec des données sur l'expansion dans les zones forestières du Cerrado [Gibbs et al. 2015], avec une moyenne pour la période 2009-2013 en Amazonie [Richards et al.]¹ et dans le reste du Brésil [Agroicone 2018]. On obtient une moyenne pondérée d'expansion sur les forêts de 10,4 %. Ce chiffre a été combiné avec les chiffres de l'Argentine, du Paraguay, de l'Uruguay et de la Bolivie, ainsi que pour le reste du monde:

¹ Selon [Gibbs et al. 2015, fig. 1], le pourcentage moyen d'expansion du soja sur la forêt amazonienne est d'environ 2,2 % pour la période 2009-2013. Les données de 2008 ne sont pas incluses, car le plan du gouvernement brésilien pour la prévention et le contrôle de la déforestation en Amazonie (PPCDAa), qui a été suivi d'une réduction spectaculaire de la déforestation en Amazonie, n'avait pas encore été mis en œuvre dans le droit forestier brésilien à ce moment-là. Les estimations de [Gibbs et al. 2015] s'appuient sur la base de données PRODES sur la déforestation, qui a également été utilisée pour contrôler le respect de la loi PPCDAa. Cependant, [Richards et al. 2017] ont constaté que depuis 2008, la base de données PRODES s'est écartée de plus en plus des autres indicateurs de perte forestière. Cela est dû à son utilisation pour l'application de la loi: les responsables des déforestations ont appris à déboiser de petites parcelles ou dans des zones qui ne sont pas surveillées par le système PRODES. En utilisant les données de l'autre base de données sur la surveillance des forêts GFC, [Richards et al. 2017] montrent (dans leurs informations complémentaires) que depuis 2008, PRODES sous-estime la déforestation selon un facteur moyen de 2,3 par rapport à la base de données GFC. Les données provenant des incendies de forêts confirment les variations établies par GFC d'une année sur l'autre dans la superficie déboisée, mais pas celles observées par PRODES.

ESTIMATION PAR LE JRC DE L'EXPANSION MOYENNE DU SOJA SUR LES FORÊTS EN AMÉRIQUE LATINE EN %					
2008-2017	Brésil	Argentine	Paraguay	Uruguay	Bolivie
% d'expansion du soja en Amérique latine	67 %	19 %	7 %	5 %	2 %
% sur les forêts	8,2 %	9 %	57 %	1 %	60 %
% moyen sur les forêts en Amérique latine	14 %				
ESTIMATION DE L'EXPANSION MOYENNE DU SOJA SUR LES FORÊTS DANS LE MONDE EN %					
Fraction de l'expansion mondiale du soja en Amérique latine	53 %				
% présumé d'expansion sur les forêts dans le reste du monde	2 %				
Fraction moyenne mondiale d'expansion du soja sur les forêts	8 %				

Les données relatives à l'expansion du soja sur les forêts dans les autres pays d'Amérique latine ont été extraites de [Graesser et al. 2015], qui ont mesuré l'expansion de toutes les cultures arables sur les forêts. En ce qui concerne le reste du monde, là où les plus fortes expansions du soja ont été observées depuis 2008, à savoir Inde, Ukraine, Russie et Canada, aucune preuve de culture du soja à l'origine d'une déforestation directe n'a pu être découverte. Par conséquent, une faible part d'expansion sur les forêts à hauteur de 2 % a été considérée pour le reste du monde. La fraction moyenne mondiale de l'expansion du soja a donc été estimée à 8 %.

Comparaison avec d'autres études récentes

La plupart des données sur la déforestation par le soja sont antérieures au moratoire brésilien de 2008 sur le soja, et ne sont donc pas pertinentes pour l'estimation actuelle.

Une étude commandée par Transport and Environment [Malins 2018] contient un examen minutieux des données régionales sur l'expansion du soja et la déforestation, permettant de conclure qu'*au moins* 7 % de l'expansion mondiale du soja depuis 2008 s'est faite au détriment des forêts. Toutefois, des années différentes ont été utilisées pour les fractions d'expansion du soja et les données et résultats de [Agricone 2018] et [Richards et al. 2017] n'ont pas été utilisés.

Une étude commandée par Sofiprotéol [LCAworks 2018] comprend également une étude de la documentation régionale sur la déforestation par le soja dans le monde entre 2006 et 2016. Elle conclut que 19 % de l'expansion mondiale du soja s'est faite au détriment des forêts. Cependant, la source de leur hypothèse concernant l'expansion sur les forêts dans le «reste du Brésil» n'est pas claire, et ils ont parfois assimilé les «sols naturels» aux forêts. Par ailleurs, dans le calcul des moyennes, ils pondèrent les données régionales sur le soja avec la production régionale totale de soja au lieu de sa superficie d'expansion. Par conséquent, le chiffre de 19 % ne peut être considéré comme étant très solide.

Agroicone a rédigé un document pour la Commission citant des travaux de 2018 non publiés réalisés par Agrosatelite, qui montrent une réduction considérable de la fraction de forêt dans l'expansion du soja dans le Cerrado (en particulier dans la région de Matipoba) entre 2014 et 2017, avec un chiffre passant de 23 % en 2007-2014 à 8 % en 2014-2017.

Huile de palme

En s'appuyant sur un échantillonnage des plantations d'huile de palme dans des données satellites, [Vijay et al. 2016] ont estimé la fraction de l'expansion de l'huile de palme sur les forêts entre 1989 et 2013, et présenté les résultats par pays. Lors du calcul de ces moyennes nationales en relation avec l'augmentation de la superficie nationale d'huile de palme récoltée entre 2008 et 2016, l'étude a établi que, globalement, **45 %** de l'expansion de l'huile de palme s'est faite sur des terres qui étaient recouvertes de forêts en 1989.

Les données supplémentaires de [Henders et al. 2015] ont attribué à l'expansion de l'huile de palme une moyenne de 0,43 Mha/an de déforestation observée sur la période 2008-2011. Ce chiffre représente **45 %** de l'augmentation estimée de la superficie mondiale de plantation d'huile de palme durant cette période².

Dans une étude mondiale réalisée pour la Commission européenne, [Cuypers et al. 2013] ont attribué la déforestation mesurée à différents facteurs, tels que l'exploitation forestière, le pâturage et diverses cultures, à l'échelle nationale. Selon leurs conclusions, 59 % de l'expansion du palmier à huile est liée à la déforestation entre 1990 et 2008.

² Des données sont disponibles pour tous les pays en ce qui concerne la superficie récoltée. En revanche, cette superficie est inférieure à la superficie plantée en raison du fait que les palmiers immatures ne portent pas de fruits. Cependant, le rapport entre l'*augmentation* de la superficie plantée et la superficie récoltée dépend également de la fraction de superficie de palmiers immatures replantés. Une augmentation de la superficie plantée a été constatée dans les statistiques nationales de l'Indonésie et de la Malaisie, et combinée avec les augmentations ajustées de la superficie récoltée pour le reste du monde.

Comparaison des études régionales pour l'Indonésie et la Malaisie

Pourcentage estimatif de l'expansion sur la forêt							
	années	Malaisie		Indonésie		Reste du monde	
% d'expansion mondiale de l'huile de palme 2008-2015	2008-2015	15 %		67 %		17 %	
		Péninsule Malaise	Partie malaisienne de Bornéo	Partie indonésienne de Bornéo	Reste de l'Indonésie		
% d'expansion nationale 2008-2015	2008-2015	19 %	81 %	77 %	23 %		
Gaveau et al. 2016	2010-15		75 %	42 %			
Abood et al. 2015	2000-10			> 36 %			
SARvision 2011	2005-10		52 %				
Carlson et al. 2013	2000-10			70 %			
Gunarso et al. 2013	2005-10	> 6 %					
Gunarso et al. 2013	2005-10	47 %		37-75 %			
Austin et al. 2017	2005-15			> 20 %			
Vijay et al. 2016	2013	40 %		54 %		13 %	
Vijay et al. 2016	2013	45 %					

[Abood et al. 2015] ont constaté que 1,6 million d'hectares de déforestation en Indonésie entre 2000 et 2010 ont eu lieu à l'intérieur de concessions cédées aux producteurs industriels d'huile de palme. Ce chiffre représente 36 % de l'expansion totale de la superficie plantée d'huile de palme sur cette période, selon les chiffres du gouvernement indonésien.

Pour la même période, [Carlson et al. 2013] donnent une estimation supérieure du pourcentage de déforestation: 1,7 Mha de perte de forêts dans les concessions de palmiers à huile dans la partie indonésienne de Bornéo; environ 70 % de l'expansion de la superficie récoltée dans cette région [Malins 2018]. Dans un document ultérieur, [Carlson et al. 2018] indiquent une perte forestière de 1,84 Mha dans les concessions de palmiers à huile dans la partie indonésienne de Bornéo, et 0,55 Mha à Sumatra, pour la période 2000-2015.

[SARvision 2011] a révélé qu'entre 2005 et 2010, 865 000 hectares de forêts ont été abattus à l'intérieur des limites de concessions de palmiers à huile connues au Sarawak, la province malaisienne de Bornéo où se situe la majeure partie de l'expansion de l'huile de palme. Ce chiffre correspond à la moitié environ de l'augmentation de la superficie d'huile de palme récoltée durant cette période³.

³ Aucune donnée n'a été trouvée concernant la superficie plantée pour cette région et cette période.

[Gaveau et al. 2016] ont cartographié les correspondances entre déforestation et expansion des plantations de palmiers à huile industrielles (c'est-à-dire hors petites exploitations) à Bornéo, sur des intervalles de 5 ans entre 1990 et 2015. Ils soulignent que la grande majorité des plantations de palmiers à huile à Bornéo étaient encore des forêts en 1973; des fractions de déforestation inférieures apparaissent en limitant le délai entre le déboisement et la plantation de palmiers à huile. Leurs résultats montrent que pour les plantations industrielles de palmiers à huile dans la partie indonésienne de Bornéo, environ 42 % de l'expansion entre 2010 et 2015 s'est faite sur des terres qui étaient couvertes de forêts seulement cinq ans auparavant; pour la partie malaisienne de Bornéo, ce chiffre est d'environ 75 %. Cette évaluation applique une définition plus restrictive de la forêt que la directive RED II, en considérant uniquement les forêts dont le couvert forestier est supérieur à 90 % et en excluant les forêts secondaires (c'est-à-dire les forêts et les zones arbustives ayant repoussé après un déboisement ancien ou un incendie).

Dans un document ultérieur, [Gaveau et al. 2018] montrent que pour la période 2008-2017, dans la partie indonésienne de Bornéo, 36 % de l'expansion des plantations industrielles (dont 88 % pour l'huile de palme) s'est faite sur des forêts anciennes abattues la même année, tandis que dans la partie malaisienne de Bornéo la moyenne est de 69 %. Dans la partie indonésienne de Bornéo, le taux de déforestation par des plantations d'années différentes est étroitement corrélé au cours de l'huile de palme brute lors de la saison précédente, tandis que dans la partie malaisienne de Bornéo, cette corrélation est plus faible, ce qui suggère une planification centralisée de la déforestation à plus long terme. Les résultats montrent que le taux d'expansion de l'huile de palme a baissé depuis le pic de 2009-2012, tandis que la fraction qui s'est faite au détriment de forêts est restée stable.

[Gunarso et al. 2013] ont analysé l'évolution de l'occupation des sols liée à l'expansion du palmier à huile en Indonésie et en Malaisie pour la Table ronde sur l'huile de palme durable (RSPO). Les changements les plus récents dont ils font état concernent les superficies de palmiers à huile qui ont été plantées entre 2005 et 2010. Ils indiquent le pourcentage de cette superficie qui se trouvait dans diverses autres catégories d'affectation des sols en 2005. En ajoutant les catégories qui répondraient *sans équivoque* à la définition de la forêt prévue par la directive, un minimum de 37 % a été obtenu pour l'expansion sur les forêts pour l'ensemble de l'Indonésie. Toutefois, d'autres catégories d'affectation des sols mentionnées incluent les zones de broussailles (qui correspondent principalement à des forêts dégradées, selon le document), ce qui répondrait globalement aussi à la définition de la forêt prévue par la directive. Il s'agit d'une catégorie importante en Indonésie, car les plantations proches des forêts sont souvent dégradées par des incendies plusieurs années avant que la plantation ne s'étende sur ces terres. En comptabilisant ces types d'affectation des sols antérieurs comme des forêts (ce qu'ils étaient peut-être en 2000), le pourcentage total de déforestation en Indonésie pour la période 2005-2010 atteint environ 75 %, ce qui confirme approximativement les conclusions de [Carlson 2013].

Pour la Malaisie, [Gunarso et al. 2013] indiquent qu'entre 2006 et 2010, 34 % de l'expansion de l'huile de palme s'est faite directement sur des forêts. Cependant, ils font également état d'une expansion considérable sur des «sols nus» en 2006, tout en supposant qu'une partie de ces derniers étaient devenus «nus» après la conversion de zones forestières. Il ressort de leurs informations complémentaires que plus d'un tiers des sols nus de 2006 étaient couverts de forêts six ans auparavant, ce qui indique qu'il s'agit probablement de zones forestières déboisées et prêtes à être cultivées. La prise en compte

de ces zones forestières porterait la fraction de l'expansion de l'huile de palme liée à la déforestation à 47 % en Malaisie.

Au lieu d'utiliser des images satellites pour repérer la nature de la précédente couverture des sols là où les plantations de palmiers à huile se sont étendues, [Austin et al. 2017] se sont appuyés sur des cartes d'affectation des sols publiées par le ministère de l'environnement et des forêts indonésien. Ils ont constaté que seulement 20 % environ des terres utilisées pour l'expansion des exploitations d'huile de palme industrielles entre 2005 et 2015 avaient été classées en tant que «forêts» sur ces cartes cinq ans auparavant. Leur définition de la forêt précise un couvert forestier supérieur à 30 % (contre > 10 % dans la directive), et n'inclut pas les zones de broussailles, qui sont parfois considérées comme des forêts selon la définition de la directive. Quarante pour cent supplémentaires de l'expansion de l'huile de palme se sont produits sur des catégories d'affectation des sols incluant des zones de broussailles. Compte tenu de ce qui précède, on estime que le chiffre donné par [Austin et al. 2017] de 20 % d'expansion sur les forêts entre 2010 et 2015 est probablement sous-estimé aux fins du présent rapport.

Estimation par le JRC de l'expansion de l'huile de palme sur les forêts dans le reste du monde				
	Année d'expansion	Amérique latine	Afrique	Reste de l'Asie
% d'expansion mondiale de l'huile de palme 2008-2015	2008-15	9 %	3 %	5 %
Furumo et Aide 2017	2001-15	20 %		
Maaijard et al. 2018			6 %	
Vijay et al. 2016	2013	21 %	6 %	4 %
Moyenne pondérée pour le reste du monde	2013	13 %		

Comme l'indique le tableau, des parts d'expansion sur les forêts inférieures sont signalées pour le reste du monde. La pondération des résultats pour l'Amérique latine, l'Afrique et le reste de l'Asie (à l'exclusion de l'Indonésie et de la Malaisie) donne une part d'expansion moyenne des plantations d'huile de palme sur les forêts de 13 %.

Globalement, compte tenu des résultats des études régionales sur l'expansion de l'huile de palme sur des terres présentant un stock de carbone important en Malaisie et en Indonésie, ainsi que des preuves d'une telle expansion dans le reste du monde, **la part mondiale moyenne de 45 % pour l'expansion de l'huile de palme sur les forêts proposée par [Vijay et al. 2016] peut être considérée comme une bonne estimation.**

Fraction de l'expansion de l'huile de palme sur les tourbières

	années	Malaisie	Indonésie	Reste du monde	
% d'expansion mondiale de l'huile de palme 2008-15	2008-15	15%	69%	16%	
		reste de la Malaisie	Sarawak	Bornéo partie indonésienne	reste de l'Indonésie
% d'expansion nationale 2008-15	2008-15	33%	67%	77%	23%
Fraction de l'expansion de l'huile de palme sur les tourbières					
SARvision 2011	2005-10		32%		
Omar et al. 2010	2003-2009	30%			
Abood et al 2014	2010			21%*	
Austin 2017	2005-2015			>20%	
Gunarso et al. 2013	2005-10			26%	
Miettinen et al. 2012, 2016	2007-15	42%		24%	
Miettinen et al. 2012, 2016	2010-15	36%		25%	
Moyenne mondiale interpolée pour 2008-15		23%			
* fraction des concessions d'huile de palme connues sur les tourbières					

[Abood et al. 2014] ont constaté que 21 % des concessions indonésiennes d'huile de palme connues étaient situées sur des tourbières, et 10 % sur des tourbières profondes (> 3 mètres), qui sont censées être protégées contre les drainages en vertu d'un décret gouvernemental indonésien de 1990. Entre 2000 et 2010, ils indiquent que 535 000 ha de

forêts marécageuses de tourbe ont été perdus au bénéfice de concessions d'huile de palme indonésiennes, ce qui représente 33 % de l'expansion de l'huile de palme sur des concessions.

[Miettinen et al. 2012, 2016] ont analysé des images satellites haute résolution pour suivre la progression ponctuelle des plantations de palmiers à huile à maturité sur les tourbières entre 1990 et 2015. Ils ont utilisé les cartes des sols des archives numériques européennes du JRC pour répertorier les zones de tourbe et indiquent qu'entre 2007 et 2015, les plantations de palmiers à huile ont gagné 1 089 000 ha sur les tourbières indonésiennes et 436 000 ha sur les tourbières malaisiennes. En divisant ces chiffres par l'augmentation de la superficie de palmiers à huile à maturité durant cette période⁴, on obtient une part de 24 % d'expansion de l'huile de palme sur les tourbières en Indonésie et 42 % en Malaisie. Pour la période de rapport la plus récente, 2010-2015, les chiffres correspondants sont de 25 % et 36 %.

Le Malaysian Palm Oil Board a publié une étude sur l'huile de palme, [Omar et al. 2010], fondée sur une identification par le SIG des cultures d'huile de palme, ainsi qu'une carte des sols émanant du ministère de l'agriculture de Malaisie. Cette étude indique que le pourcentage de la culture de palmiers à huile sur les tourbières en Malaisie est passé de 8,2 % en 2003 à 13,3 % en 2009, ce qui correspond à 313 000 et 666 000 ha respectivement. Sur la même période, leurs données montrent que la superficie totale d'huile de palme est passée de 3 813 000 à 5 011 000 ha, de sorte que la fraction de cette expansion sur les tourbières s'élève à 30 %.

[SARvision 2011] a révélé qu'entre 2005 et 2010, 535 000 hectares de forêts de tourbe ont été abattus à l'intérieur des limites de concessions de palmiers à huile connues au Sarawak, la province malaisienne où se situe la majeure partie de l'expansion de l'huile de palme. Ce chiffre correspond à 32 % environ de l'augmentation de la superficie d'huile de palme récoltée durant cette période⁵. Il ne tient pas compte des pertes de forêts de tourbe au bénéfice de l'huile de palme en dehors des limites des concessions, ni des éventuelles conversions de tourbières qui n'étaient pas couvertes de forêts au moment de la conversion.

[Gunarso et al. 2013] indiquent une fraction anormalement faible d'expansion de l'huile de palme sur les tourbières en Malaisie (seulement 6 % entre 2000 et 2010, selon leurs informations complémentaires). Ce chiffre est nettement inférieur à toute autre estimation, même celles provenant de sources malaisiennes; il n'a donc pas été pris en compte⁶.

⁴ Miettinen et al. ont comptabilisé uniquement les superficies de palmiers à maturité, de sorte qu'en l'espèce, il est approprié de diviser par la superficie de palmiers à maturité plutôt que par la superficie plantée totale. Les données du service agricole étranger du Département américain de l'agriculture concernant la «superficie récoltée» ont été utilisées; ces données se réfèrent en fait à la «superficie plantée à maturité», et ont été comparées à d'autres données telles que les ventes de plants de palmiers à huile. Les données de la FAO sont moins utiles car, entre autres, elles reflètent des baisses temporaires de la superficie récoltée en 2014-2015 en raison des inondations en Malaisie.

⁵ Aucune donnée n'a été trouvée concernant la superficie plantée pour cette région et cette période.

⁶ [Gunarso et al. 2013] donnent un début d'explication: ils n'ont répertorié les plantations sur les tourbières que lorsque les terres étaient des marécages de tourbe humides cinq ans auparavant; si elles étaient déjà drainées, elles devenaient un autre type d'affectation des sols, par exemple des «sols nus». La conversion de marécages en plantations d'huile de palme nécessite non seulement l'abattage des arbres, mais aussi la construction d'un réseau dense de canaux de drainage, ainsi qu'un compactage du sol, ce qui prolonge la durée au bout de laquelle les palmiers à huile peuvent être repérés sur les images satellites. Ainsi, alors que dans la Péninsule Malaise (où les tourbières sont rares), aucune

Pour l'Indonésie, les informations complémentaires de [Gunarso et al. 2013] donnent un chiffre de 24 % d'expansion de l'huile de palme entre 2005 et 2010 sur des marécages de tourbe, qui monte à environ 26 % uniquement lorsque la conversion du marécage de tourbe en passant par les «sols nus» est incluse.

Selon [Austin et al. 2017], la fraction de l'expansion de l'huile de palme sur les tourbières en Indonésie a stagné autour de 20 % environ pour toutes les périodes étudiées (1995-2015), sans aucune correction pour tenir compte des sols nus. La raison pour laquelle les résultats d'Austin sont inférieurs aux autres réside dans l'utilisation de la carte des tourbières du «BBSDLP⁷» publiée par le ministère indonésien de l'agriculture (H. Valin, communication privée, 5 décembre 2018). La carte BBSDLP n'inclut pas les zones dont la profondeur de tourbe est inférieure à 0,5 m⁸, ce qui explique en partie pourquoi elle indique 13,5 % de zones de tourbières en moins que les cartes de Wetlands International, qui elles-mêmes sous-estiment probablement les zones de tourbières d'environ 10 à 13 %, selon des enquêtes sur le terrain. [Hooijer et Vernimmen 2013].

Il n'existe pas de données quantitatives pour la fraction de l'expansion de l'huile de palme sur les tourbières dans le reste du monde. Entre 2008 et 2015, 9 % de l'expansion de l'huile de palme a eu lieu en Amérique latine, 5 % dans le reste de l'Asie et 3 % en Afrique. Il existe de vastes zones de tourbières tropicales en Amérique du Sud, en particulier au Pérou, en Bolivie, au Venezuela et le long de l'Amazone, mais ce ne sont pas des zones de production importantes d'huile de palme. En revanche, la plus grande zone marécageuse de tourbe tropicale au monde se situe dans le bassin du Congo. À cet endroit, au moins une très grande concession d'huile de palme a d'ores et déjà été accordée, d'une superficie de 470 000 ha (ce qui équivaut par exemple à 10 % de toute la superficie de production d'huile de palme en Malaisie), et celle-ci repose à 89 % sur de la tourbe [Dargie et al. 2018]. Ce que l'on craint, c'est qu'avec le ralentissement de la croissance de la production dans les pays d'Asie du Sud-Est, davantage d'investissements soient consacrés au développement de l'huile de palme dans les tourbières d'Afrique et d'Amérique latine.

En pondérant au maximum les résultats de [Miettinen et al. 2012, 2016], qui peuvent être considérés comme les éléments les plus avancés de la littérature scientifique, et en supposant l'absence de drainage de tourbières pour l'huile de palme dans le reste du monde, on obtient une estimation moyenne pondérée interpolée de 23 % d'expansion de l'huile de palme sur les tourbières à l'échelle mondiale entre 2008 et 2011.

Canne à sucre

Plus de 80 % de l'expansion mondiale de la canne à sucre a eu lieu au Brésil entre 2008 et 2015.

[Cuypers et al. 2013] ont estimé que 36 % de l'expansion mondiale de la canne à sucre entre 1990 et 2008 s'est faite sur des terres précédemment recouvertes de forêts. Il s'agit

expansion d'huile de palme n'a été observée sur des sols nus entre 2005 et 2010, au Sarawak, 37 % de l'expansion s'est faite sur des sols nus. En outre, il existe un taux élevé de conversion de marécages de tourbe en «agroforesterie et plantations», puis d'«agroforesterie et plantations» en huile de palme par périodes successives de 5 ans, de sorte qu'il est possible en plus que des plantations de palmiers à huile à un stade précoce aient été prises pour des terres d'agroforesterie ou des plantations d'autres cultures.

⁷ Le BBSDLP est le Centre de recherche et développement indonésien sur les ressources en terres agricoles.

⁸ 0,5 m de tourbe tropicale contient environ 250 à 300 tonnes de carbone par hectare, dont la quasi-totalité sera libérée pendant la première décennie après le drainage.

toutefois probablement d'une surestimation aux fins de l'analyse: la déforestation a été ventilée entre le déboisement d'exploitation forestière, l'expansion des pâturages et l'expansion d'autres cultures, à l'échelle nationale. Peu de déforestation a été attribuée aux terres de pâturages, car celles-ci n'ont pas connu d'expansion nette; par contre, la canne à sucre s'est fortement étendue et a donc reçu la plus forte part de la déforestation nationale. Toutefois, les régions du Brésil où la canne à sucre s'est le plus étendue ne recourent pratiquement pas les zones de forte déforestation, ce qui n'a pas été pris en considération dans l'analyse de [Cuypers et al. 2013].

[Adami et al. 2012] ont indiqué que seulement 0,6 % de l'expansion de la canne à sucre dans le Centre-Sud du Brésil s'est faite sur des forêts entre 2000 et 2009. Même si la région représentait environ 90 % de l'expansion mondiale de la canne à sucre au cours de cette période, d'autres régions brésiliennes ont connu une certaine expansion non couverte par cette étude.

[Sparovek et al. 2008] conviennent que sur la période 1996-2006, l'expansion de la canne à sucre dans la région Centre-Sud du Brésil s'est faite quasi intégralement sur des pâturages ou sur d'autres cultures (étant donné le peu de terres occupés par la forêt dans la région); toutefois, 27 % d'expansion supplémentaire ont concerné des zones «périphériques» autour et à l'intérieur du biome de l'Amazone, dans le Nordeste et dans le biome de la forêt atlantique. Dans ces régions périphériques, il y a eu corrélation entre le recul des forêts par localité et l'expansion de la canne à sucre. Néanmoins, aucun chiffre n'est mentionné dans le document concernant la part de l'expansion sur les forêts.

Par conséquent, aucune quantification adéquate de la déforestation par la canne à sucre n'a pu être calculée à partir de la documentation.

Maïs

Habituellement, les céréales ne sont pas considérées comme une cause de déforestation, car la majeure partie de la production a lieu dans des zones tempérées où la déforestation est généralement modeste. Cependant, le maïs est aussi une culture tropicale, souvent cultivée par de petits exploitants, et souvent en alternance avec le soja dans les grandes exploitations. En outre, une part disproportionnée de l'expansion du maïs a lieu dans des régions tropicales où la déforestation est plus courante et fortement émettrice de carbone.

% d'expansion de la superficie récoltée de maïs dans le monde 2010-15	
Chine	29,8%
Brésil	11,6%
Angola	10,5%
Nigeria	9,8%
Argentine	8,9%
Fédération de Russie	7,0%
Mali	3,1%
Mexique	1,7%
Cameroun	1,6%
autres pays (principalement en développement)	16%
RENDEMENT MOYEN PONDÉRÉ 2010-15 (t/ha)	3,94

En Chine, l'expansion s'est concentrée sur des terres marginales dans le nord-est du pays [Hansen 2017], dont on suppose qu'il s'agit majoritairement de steppes herbeuses, et non

de forêts. L'expansion au Brésil et en Argentine pourrait être se voir attribuer le même pourcentage de déforestation que le soja au Brésil.[Lark et al. 2015] ont établi que l'expansion du maïs aux États-Unis entre 2008 et 2012 s'est faite à hauteur de 3 % aux dépens de la forêt, de 8 % aux dépens de zones arbustives et de 2 % aux dépens de zones humides. Il est néanmoins difficile de faire une estimation globale sans examiner en détail la situation dans chaque pays.

Références bibliographiques

- [Abood et al. 2015] Abood, S. A., Lee, J. S. H., Burivalova, Z., Garcia-Ulloa, J., & Koh, L. P. (2015). *Relative Contributions of the Logging, Fiber, Palm oil, and Mining Industries to Forest Loss in Indonesia*. *Conservation Letters*, 8(1), 58-67. <http://doi.org/10.1111/conl.12103>
- [Adami et al. 2012] Adami, M., Rudorff, B. F. T., Freitas, R. M., Aguiar, D. A., Sugawara, L. M., & Mello, M. P. (2012). Remote Sensing Time Series to Evaluate Direct Land Use Change of Recent Expanded Sugarcane Crop in Brazil. *Sustainability*, 4, 574–585. <http://doi.org/10.3390/su4040574>
- [Agroicone 2018] Moriera, A, Arantes, S., et Romeiro, M. (2018). Document d'information RED II: évaluation du risque de changements indirects dans l'affectation des sols pour les matières premières de biocarburants canne à sucre et soja. Agroicone, Sao Paulo 2018.
- [Austin et al. 2017] Austin, K. G., Mosnier, A., Pirker, J., McCallum, I., Fritz, S., & Kasibhatla, P. S. (2017). Shifting patterns of palm oil driven deforestation in Indonesia and implications for zero-deforestation commitments. *Land Use Policy*, 69 (août), 41–48. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.08.036>.
- [Carlson et al. 2013] Carlson, K. M., Curran, L. M., Asner, G. P., Pittman, A. M., Trigg, S. N., & Marion Adeney, J. (2013). Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan palm oil plantations. *Nature Clim. Change*, extrait de <https://www.nature.com/nclimate/journal/v3/n3/pdf/nclimate1702.pdf>.
- [Curtis et al. 2018] Curtis, P. G., Slay, C. M., Harris, N. L., Tyukavina, A., & Hansen, M. C. (2018). Classifying drivers of global forest loss. *Science*, 361(6407), 1108–1111. <http://doi.org/10.1126/science.aau3445>
- [Cuypers et al. 2013] Cuypers, D., Geerken, T., Gorissen, L., Peters, G., Karstensen, J., Prieler, S., ... vVn Velthuizen, H. (2013). The impact of EU consumption on deforestation: Comprehensive analysis of the impact of EU consumption on deforestation. Commission européenne. <http://doi.org/10.2779/822269>
- [Dargie et al. 2018] Dargie, G.C., Lawson, I.T., Rayden, T.J. et al. Mitig Adapt Strateg Glob Change (2018). <https://doi.org/10.1007/s11027-017-9774-8>
- [FAOstat 2008], Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, base de données sur les statistiques de production des cultures, <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>
- [Fehlenberg et al. 2017] Fehlenberg, V., Baumann, M., Gasparri, N. I., Piquer-Rodriguez, M., Gavier-Pizarro, G., & Kuemmerle, T. (2017). The role of soybean production as an underlying driver of deforestation in the South American Chaco. *Global Environmental Change*, 45 (avril), 24–34. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.05.001>.
- [Furumo & Aide 2017] Furumo, P. R., & Aide, T. M. (2017). Characterizing commercial palm oil expansion in Latin America: land use change and trade. *Environmental Research Letters*, 12(2), 024008. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5892>
- [Gaveau 2016] Gaveau, D.L.A., Sheil, D., Husnayaen, Salim, M.A., Arjasakusuma, S., Ancrenaz, M., Pacheco, P., Meijaard, E., 2016. Rapid conversions and avoided deforestation: examining four decades of industrial plantation expansion in Borneo. *Nature - Scientific Reports* 6, 32017.

- [Gaveau 2018] Gaveau, D.L.A., Locatelli, B., Salim, M.A., Yaen, H., Pacheco, P. and Sheil, D. Rise and fall of forest loss and industrial plantations in Borneo (2000–2017). *Conservation Letters*. 2018;e12622. <https://doi.org/10.1111/conl.12622>
- [Gibbs et al. 2015] Gibbs, H. K., Rausch, L., Munger, J., Schelly, I., Morton, D. C., Noojipady, P., Walker, N. F. (2015). Brazil's Soy Moratorium: Supply-chain governance is needed to avoid deforestation. *Science*, 347(6220), 377–378. <http://doi.org/10.1126/science.aaa0181>.
- [Graesser et al. 2015] Graesser, J., Aide, T. M., Grau, H. R., & Ramankutty, N. (2015). Cropland/pastureland dynamics and the slowdown of deforestation in Latin America. *Environmental Research Letters*, 10(3), 034017. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/10/3/034017>
- [Gunarso et al. 2013] Gunarso, P., Hartoyo, M. E., Agus, F., & Killeen, T. J. (2013). *Palm oil and Land Use Change in Indonesia, Malaysia and Papua New Guinea*. RSPO. <http://doi.org/papers2://publication/uuid/76FA59A7-334A-499C-B12D-3E24B6929AAE>
Documents complémentaires: <https://rspo.org/key-documents/supplementary-materials>
- [Hansen et al. 2017] Hansen, J., M.A. Marchant, F. Tuan, et A. Somwaru. 2017. «U.S. Agricultural Exports to China Increased Rapidly Making China the Number One Market.» *Choices*. Q2. <http://www.choicesmagazine.org/choices-magazine/theme-articles/us-commodity-markets-respond-to-changes-in-chinas-ag-policies/us-agricultural-exports-to-china-increased-rapidly-making-china-the-number-one-market>
- [Henders et al 2015] Henders, S., Persson, U. M., & Kastner, T. Trading forests: Land-use change and carbon emissions embodied in production and exports of forest-risk commodities. *Environmental Research Letters*, 10(12), 125012. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/125012><http://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/125012>
- [Hooijer et Vernimmen 2013] Hooijer, A. et Vernimmen, R. 2013 «Peatland maps: accuracy assessment and recommendations» Report by Deltares & Euroconsult Mott MacDonald for Implementation of Agentschap NL 6201068 QANS Lowland Development edepot.wur.nl/251354.
- [Jusys 2017] Jusys, T. (2017) A confirmation of the indirect impact of sugarcane on deforestation in the Amazon, *Journal of Land Use Science*, 12:2-3, 125-137, DOI: 10.1080/1747423X.2017.1291766
- [Lark et al. 2015] Lark, T.J, Salmon, M.J, & Gibbs, H. (2015). Cropland expansion outpaces agricultural and biofuel policies in the United States. *Environmental Research Letters*. 10. 10.1088/1748-9326/10/4/044003.
- [LCAworks 2018] Strapasson, A., Falcao, J., Rossberg, T., Buss, G., et Woods, J. Land use Change and the European Biofuels Policy: the expansion of oilseed feedstocks on lands with high carbon stocks. Rapport technique rédigé par LCAworks Ltd., en collaboration avec Sofiprotéol, France.
- [Machado et al. 2012] Macedo, M. N., DeFries, R. S., Morton, D. C., Stickler, C. M., Galford, G. L., & Shimabukuro, Y. E. (2012). Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(4), 1341-6. <http://doi.org/10.1073/pnas.1111374109>

- [Malins. 2017] Malins, C. (2017). For peat's sake - Understanding the climate implications of palm oil biodiesel. Cerulogy and Rainforest Foundation Norway, Londres 2017. Extrait de <http://www.cerulogy.com/uncategorized/for-peats-sake/>
- [Malins 2018] Malins, C. (2018). *Driving deforestation: the impact of expanding palm oil demand through biofuel policy*, Londres 2018. Extrait de [http://www.cerulogy.com/palm oil/driving-deforestation](http://www.cerulogy.com/palm%20oil/driving-deforestation).
- [Meijaard et al. 2018] Meijaard, E., Garcia-Ulloa, J., Sheil, D., Wich, S.A., Carlson, K.M., Juffe-Bignoli, D., et Brooks, T. (2018). Palm oil and biodiversity. <http://doi.org/https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2018.11.en>
- [Miettinen et al. 2012] Miettinen, J., Hooijer, A., Tollenaar, D., Page, S. E., & Malins, C. (2012). Historical Analysis and Projection of Palm oil Plantation Expansion on Peatland in Southeast Asia. Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation.
- [Miettinen et al. 2016] Miettinen, J., Shi, C., & Liew, S. C. (2016). Land cover distribution in the peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatra and Borneo in 2015 with changes since 1990. *Global Ecology and Conservation*, 6, 67–78. <http://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.02.004>
- [Morton et al. 2006] Morton, D. C., DeFries, R. S., Shimabukuro, Y. E., Anderson, L. O., Arai, E., del Bon Espirito-Santo, F., ... Morissette, J. (2006). Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(39), 14637–14641. <http://doi.org/10.1073/pnas.0606377103>
- [Omar et al. 2010] Omar, W., Aziz, N.A., Mohammed A.T., Harun, M.H. et Din, A.K.; «Mapping of oil palm cultivation on peatland in Malaysia», Malaysian Palm Oil Board Information series 529, MPOB TT No. 473, juin 2010. ISSN 1511-7871.
- [Page et al. 2011] Page, S.E., Morrison, R., Malins, C., Hooijer, A., Rieley, J.O. Jaujjainen, J. (2011). Review of Peat Surface Greenhouse Gas Emissions from Palm oil Plantations in Southeast Asia. *Indirect Effects of Biofuel Production*, (15), 1–77.
- [Richards et al. 2017] Richards, P. D., Arima, E., VanWey, L., Cohn, A., & Bhattarai, N. (2017). Are Brazil's Deforesters Avoiding Detection? *Conservation Letters*, 10(4), 469–475. <http://doi.org/10.1111/conl.12310>
- [SARVision 2011] SARVision. (2011). Impact of palm oil plantations on peatland conversion in Sarawak 2005-2010, (janvier 2011), 1–14. <http://archive.wetlands.org/Portals/0/publications/Report/Sarvision%20Sarawak%20Report%20Final%20for%20Web.pdf>
- [Searle & Giuntoli 2018] Searle, A. S., & Giuntoli, J. (2018). Analysis of high and low indirect land-use change definitions in European Union renewable fuel policy.
- [Sparovek et al. 2008] Sparovek, G.; A. Barretto; G. Berndes; S. Martins; et Maule, R. (2008). «Environmental, land-use and economic implications of Brazilian sugarcane expansion 1996–2006.» *Mitigation and Adaption Strategies for Global Change*, 14(3), p. 285.
- [USDA 2008] United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. Searchable database of Production, Supply and Distribution data of crops. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>

[Vijay et al. 2016] Vijay, V., Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Smith, S. J., Walker, W., Soto, C., ... Rodrigues, H. (2016). The Impacts of Palm oil on Recent Deforestation and Biodiversity Loss. PLOS ONE, 11(7), e0159668. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0159668>

[Waroux et al. 2016] Waroux, Y., Garrett, R. D., Heilmayr, R., & Lambin, E. F. (2016). Land-use policies and corporate investments in agriculture in the Gran Chaco and Chiquitano. Proceedings of the National Academy of Sciences, 113(15), 4021–4026. <http://doi.org/10.1073/pnas.1602646113>

[Yousefi et al. 2018]. Yousefi, A., Bellantonoio, M, et Hurowitz, G., The avoidable Crisis, Mighty Earth, Regnskogfondet et FERN, mars 2018, <http://www.mightyearth.org/avoidablecrisis/>

ANNEXE 2

ANALYSE FONDÉE SUR LE SIG

1.

Méthode

Afin d'estimer la déforestation et les émissions correspondantes liées à l'expansion des cultures concernées par les biocarburants depuis 2008 dans les zones dont la densité du couvert forestier est supérieure à 10 %, une approche de modélisation géospatiale a été utilisée pour combiner une cartographie de la déforestation établie par Global Forest Watch (GFW) avec des cartes des types de cultures provenant de MapSPAM et EarthStat. Les détails de cette approche sont résumés ci-après, et les sources de données utilisées dans l'analyse figurent dans le tableau ci-après. L'analyse a été réalisée avec une taille de pixel d'environ 100 hectares au niveau de l'équateur.

Sources de données

Données relatives aux cultures

À l'heure actuelle, on ne dispose d'aucune carte cohérente à l'échelle mondiale illustrant l'expansion de toutes les différentes cultures concernées par les biocarburants au fil du temps, bien que des études soient en cours pour dresser de telles cartes pour l'huile de palme et le soja à travers l'interprétation des images satellites. Aux fins de la présente analyse, nous nous sommes appuyés sur deux sources de cartes pour une année et une culture uniques: MapSPAM (IFPRI et IIASA 2016), qui illustre la répartition mondiale de 42 cultures pour l'année 2005⁹, et EarthStat (Ramankutty et al. 2008), qui cartographie les zones de cultures et de pâturages pour l'année 2000. Les deux sources de données sur les cultures sont le fruit d'approches qui combinent une variété de données d'entrée explicites sur le plan spatial afin de rendre plausibles les estimations de la répartition mondiale de ces cultures. Les données saisies incluent des statistiques de production à l'échelon des unités administratives (sous-nationales), diverses cartes de couverture des sols produites à partir d'images satellites, ainsi que des cartes des zones propices aux cultures créées sur la base des conditions locales en termes de paysage, de climat et de sol.

⁹ Les données actualisées de MapSPAM pour l'année 2010 ont été publiées le 4 janvier 2019, juste après l'achèvement de cette analyse.

Compte tenu de l'absence de cartes mondiales actualisées pour les cultures individuelles, ainsi que de l'absence d'informations cohérentes sur leur expansion au fil du temps, l'une des hypothèses principales utilisées dans notre analyse est que la déforestation totale et les émissions de gaz à effet de serre associées qui ont eu lieu à l'intérieur d'une zone donnée depuis 2008 peuvent être attribuées à une culture spécifique sur la base de la superficie proportionnelle de chaque culture par rapport à la superficie totale de terres agricoles, y compris les pâturages, présentes à l'intérieur d'un même pixel de la carte des cultures.

Données relatives à la déforestation

Les cartes publiées de la perte de couvert forestier annuelle dans le monde découlant d'observations satellites Landsat, disponibles sur Global Forest Watch pour les années 2001 à 2017, constituent la base de notre analyse de la déforestation. Les données relatives à la perte de couvert forestier sont disponibles dans une résolution de 30 mètres, ou une taille de pixel de 0,09 hectare. Les données initiales relatives à la perte de couvert forestier de Hansen et al. (2013) ne font pas la distinction entre une conversion permanente (c'est-à-dire la déforestation) et la perte temporaire de couvert forestier due à l'exploitation forestière ou aux incendies de forêt. Par conséquent, pour cette analyse, nous avons inclus uniquement le sous-ensemble de pixels de perte de couvert forestier faisant partie des zones dominées par une *déforestation due aux matières premières agricoles*, telles qu'elles sont cartographiées selon une résolution de 10 kilomètres par Curtis et al. (2018)¹⁰. Les zones où d'autres causes sont dominantes, par exemple l'exploitation forestière ou l'agriculture itinérante, ont donc été exclues de l'analyse. Dans la catégorie de *déforestation due aux matières premières agricoles*, seuls les pixels avec un pourcentage de couvert forestier supérieur à 10 % ont été pris en compte pour l'analyse; on entend ici par «pourcentage de couvert forestier» la densité du couvert forestier de la surface de terre concernée en 2000. Compte tenu des critères spécifiques prévus dans la directive RED II (voir points b) et c) ci-dessus dans la section Contexte), les résultats de l'analyse ont été ventilés en déforestation pour les années 2008 à 2015 pour les zones dont le couvert forestier est supérieur à 30 % et les zones dont le couvert forestier est compris entre 10 et 30 %.

Curtis et al. (2018) soulignent que de multiples facteurs de perte forestière peuvent apparaître au sein d'un paysage à un moment donné quelconque, et que le facteur dominant peut varier d'une année sur l'autre au cours de la période d'étude de 15 ans; leur modèle n'a attribué qu'un seul facteur dominant ayant contribué à la majorité de la perte de couvert forestier au sein de ce paysage au cours de la période étudiée. L'une des hypothèses utilisées dans cette analyse est que la totalité de la perte de couvert forestier au sein des zones dominées par une *déforestation due aux matières premières agricoles* correspond à l'expansion de nouvelles zones agricoles. Cette hypothèse tendrait à surestimer l'effet des cultures de matières premières agricoles dans ces pixels. D'autre part, l'agriculture peut aussi s'étendre dans des zones dominées par l'agriculture itinérante ou l'exploitation forestière; ces autres catégories de la carte établie par Curtis et al. (2018) ont été exclues de notre analyse. Cela implique que la méthode retenue pourrait sous-estimer la déforestation due aux cultures. Cependant, l'empreinte des neuf cultures incluses dans cette analyse entre principalement dans la catégorie de *déforestation due aux matières premières agricoles*; on a donc supposé que les zones de

¹⁰ Des travaux sont en cours pour actualiser l'étude de Curtis et al. (2018) afin d'illustrer les facteurs dominants de la perte de couvert forestier pour les années postérieures à 2015.

culture qui ne font pas partie de cette catégorie possèdent de faibles rapports de superficie (voir la section Modèle de répartition des cultures ci-après), et que par conséquent la contribution de ces zones dans les totaux finaux devrait être limitée.

Données relatives aux tourbières

L'étendue des tourbières a été définie en utilisant les mêmes cartes que Miettinen et al. 2016, qui ont cartographié les changements dans l'occupation des sols entre 1990 et 2015 dans les tourbières de la Péninsule Malaise, de Sumatra et de Bornéo. Pour Sumatra et Kalimantan, Miettinen et al. (2016) ont inclus les tourbières figurant dans les atlas des tourbières à l'échelle 1:700 000 de l'organisation Wetlands International (Wahyunto et al. 2003, Wahyunto et al. 2004), dans lesquels la tourbe est définie comme suit: «sol formé par l'accumulation sur une longue période de matière organique, par exemple des restes de plantes. Un sol tourbeux est généralement saturé d'eau ou inondé toute l'année, sauf s'il est drainé». Selon Wahyunto et Suryadiputra (2008), les atlas des tourbières ont compilé à leur tour des données issues d'une variété de sources ayant principalement utilisé l'imagerie (satellite, radar et données de photographies aériennes), ainsi que des études et des cartographies des sols, pour dresser les cartes de répartition des tourbières. Pour la Malaisie, ce sont les tourbières des archives numériques européennes des cartes des sols qui ont été utilisées (Selvaradjou et al. 2005).

Une analyse spécifique à la déforestation due à l'expansion de l'huile de palme dans les tourbières a été réalisée en raison de l'importance de la tourbe dans l'affectation générale des sols pour cette culture destinée aux biocarburants et l'empreinte en termes de gaz à effet de serre. La superficie de la perte de couvert forestier survenue avant l'année d'expansion connue de l'huile de palme entre 2008 et 2015 a été estimée à l'aide des données sur l'expansion de l'huile de palme industrielle de Miettinen et al. 2016.

Données relatives aux émissions de gaz à effet de serre

Les émissions dues à la déforestation depuis 2008 ont été estimées en termes de perte de carbone issu du bassin de biomasse aérienne. Les émissions sont exprimées en unités de mégatonnes de dioxyde de carbone (Mt CO₂).

Les émissions provenant de la perte de biomasse aérienne ont été calculées en superposant la carte de la perte de couvert forestier (entre 2008 et 2015) à une carte de la biomasse aérienne ligneuse vivante en 2000. La carte de la biomasse, produite par le Woods Hole Research Center et issue d'observations satellites et de terrain, est disponible sur Global Forest Watch. L'ensemble des pertes de biomasse ont été considérées comme des émissions «engagées» dans l'atmosphère lors du déboisement, malgré l'existence de décalages dans le temps associés à certaines causes de la perte forestière. Les émissions sont des estimations «brutes» et non «nettes», ce qui signifie que l'utilisation des terres après le déboisement, ainsi que leur valeur carbone correspondante, n'ont pas été prises en compte. On a supposé que la fraction de carbone de la biomasse aérienne était de 0,5 (GIEC 2003) et le carbone a été converti en dioxyde de carbone au moyen d'un facteur de conversion de 44/12, ou 3,67. L'un des avantages de l'utilisation d'une carte de la biomasse forestière basée sur des pixels avec des valeurs continues, au lieu de l'affectation de valeurs de stock de carbone catégoriques à différents types d'occupation des sols (par exemple forêt, zone arbustive, valeurs de niveau 1 du GIEC, etc.), est que les données utilisées pour estimer la perte de biomasse sont totalement indépendantes du choix de la carte d'occupation des sols utilisée pour estimer le changement d'affectation des sols.

Les émissions associées à d'autres bassins de carbone, comme la biomasse souterraine (racines), le bois mort, la litière et le carbone du sol, y compris la décomposition de la tourbe ou les incendies de tourbe, ont été exclues de l'analyse.

Portée de l'analyse

La portée de notre analyse mondiale a été définie en superposant la carte de la déforestation due aux matières premières agricoles (Curtis et al. 2018) aux cultures présentant un intérêt sur le plan des biocarburants (huile de palme, noix de coco, blé, colza, maïs, soja, betterave sucrière, tournesol et canne à sucre). Seuls les pixels qui ont été inclus dans l'une des neuf cultures présentant un intérêt et qui ont trait à la catégorie de déforestation due aux matières premières agricoles ont été pris en compte dans l'analyse.

Modèle de répartition des cultures

La déforestation totale et les émissions à l'intérieur d'un pixel d'un kilomètre donné ont été attribuées aux différentes cultures présentant un intérêt sur le plan des biocarburants au prorata de chaque culture présente dans le pixel («culture X», par exemple soja) par rapport à la superficie totale de terres agricoles à l'intérieur du pixel, définie ici comme la somme des terres cultivées et des pâturages. De cette façon, la contribution relative de chaque culture destinée aux biocarburants par rapport à l'empreinte agricole totale du pixel a servi de base pour la répartition de l'empreinte correspondante en termes de déforestation et d'émissions de gaz à effet de serre.

Étant donné qu'aucune carte unique, cohérente à l'échelle mondiale et actualisée des terres agricoles ventilées par type de culture n'était facilement disponible, nous avons appliqué un processus en deux étapes pour estimer le rôle relatif de chaque culture présentant un intérêt sur le plan des biocarburants dans la déforestation et les émissions à un endroit donné (équation 1). Dans un premier temps, nous avons utilisé les données relatives aux cultures pour l'année la plus récente disponible (MapSPAM, année 2005) pour calculer le rapport entre la culture X et la superficie totale des terres cultivées à l'intérieur d'un pixel. Dans un second temps, nous avons utilisé les données d'EarthStat (année 2000) pour calculer le rapport entre la superficie totale des terres cultivées et la superficie totale des terres cultivées + les pâturages à l'intérieur d'un pixel. (Les données d'EarthStat ont été utilisées car MapSPAM n'inclut pas de cartes des pâturages, et l'expansion des pâturages joue également un rôle dans la dynamique de déforestation.) La combinaison de ces deux étapes a permis d'estimer la contribution relative de la culture X à l'empreinte agricole totale à l'intérieur d'un pixel donné, quoiqu'en utilisant des sources de données différentes couvrant des périodes différentes.

Équation 1:

$$\frac{\text{MapSpam Crop X (2005)}}{\text{MapSPAM total crop area (2005)}} \times \frac{\text{Earthstat total crop area (2000)}}{\text{Earthstat total crop + pasture area (2000)}} = \frac{\text{Crop X}}{\text{crop + pasture}}$$

Calculs finaux

Après avoir créé les cartes de répartition des cultures pour chaque culture présentant un intérêt sur le plan des biocarburants, nous avons multiplié le total de la déforestation et des émissions de gaz à effet de serre par la proportion de la culture X dans chaque pixel d'un kilomètre, et nous avons calculé les statistiques de synthèse globales ventilées entre déforestation et émissions se produisant sur des terres avec une densité de couvert

forestier supérieure à 30 % et sur des terres avec une densité de couvert forestier entre 10 et 30 %.

Les résultats du SIG montrent la déforestation observée au cours des 8 années calendaires entre 2008 et 2015, associée à différentes cultures. Pour voir quel pourcentage de l'expansion d'une culture est associé à la déforestation, la superficie totale de déforestation au cours de ces années a été divisée par l'augmentation correspondante de la superficie de la culture en question. Afin de tenir compte du fait qu'une culture peut encore être à l'origine d'une déforestation même lorsque la superficie mondiale générale de cette culture baisse, mais qu'elle s'étend dans certains pays, les parts ont été calculées sur la base de l'augmentation *brute* de la superficie mondiale de la culture, qui correspond à la somme des augmentations de la superficie de cette culture dans les pays où elle n'a pas diminué.

En outre, les données sur les superficies récoltées ont été ajustées pour obtenir des informations sur les superficies plantées: pour les cultures annuelles, on a supposé que l'augmentation de la superficie cultivée était identique à l'augmentation de la superficie récoltée. Pour les cultures (semi-)permanentes, on a pris en compte la fraction de la superficie cultivée qui n'est pas récoltée parce que les plants ne sont pas encore à maturité. La canne à sucre doit être replantée tous les cinq ans environ, mais il n'y a que quatre récoltes, car elle n'est pas encore à maturité au bout de la première année. Le palmier à huile est replanté tous les 25 ans environ et porte des fruits au cours des 22 dernières années.

Pour la plupart des cultures, la base de données [FAOstat 2008] a été utilisée; elle indique la superficie récoltée par année calendaire. Les données de l'[USDA 2008] ont été retenues uniquement pour l'huile de palme, car elles contiennent des indications sur l'ensemble des plantations de palmiers à huile à maturité, y compris pour les années où la récolte a été perturbée par les inondations. La base de données couvre également davantage de pays pour cette culture.

Tableau: Récapitulatif des sources de données de l'analyse fondée sur le SIG du WRI.

Ensemble de données	Source
Étendues de forêts et de tourbières	
Couvert forestier 2000	Hansen et al. 2013
Tourbières	Miettinen et al. 2016
Déforestation	
Perte de couvert forestier	Hansen et al. 2013 (+ actualisations annuelles sur GFW)
Déforestation due aux matières premières agricoles	Curtis et al. 2018
Expansion de l'huile de palme, 2000-2015 (pour estimation de la déforestation sur les tourbières)	
Indonésie, Malaisie	Miettinen et al. 2016
Émissions de gaz à effet de serre	
Biomasse aérienne	Zarin et al. 2016

Données relatives à l'étendue des cultures et des pâturages		
MapSPAM physique)	(superficie	IFPRI et IIASA 2016
EarthStat		Ramankutty et al. 2008

Références bibliographiques

Curtis, C., C. Slay, N. Harris, A. Tyukavina, M. Hansen. 2018. «Classifying Drivers of Global Forest Loss.» *Science* 361: 1108-1111. doi: 10.1126/science.aau3445.

Graesser, J., Aide, T. M., Grau, H. R., & Ramankutty, N. (2015). Cropland/pastureland dynamics and the slowdown of deforestation in Latin America. *Environmental Research Letters*, 10(3), 034017. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/10/3/034017>

Hansen, M. P. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. Stehman, S. Goetz, T. Loveland et al. 2013. «High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change.» *Science* 341: 850-853. doi: 10.1126/science.1244693.

Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI) et Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (IIASA). 2016. «Global Spatially-Disaggregated Crop Production Statistics Data for 2005 Version 3.2», *Harvard Dataverse* 9. doi: 10.7910/DVN/DHXBIX.

IPCC 2003: Penman J., M. Gytandky, T. Hiraiishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, Ngara, K. Tanabe et al. 2003. «Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry.» *Institute for Global Environmental Strategies for the IPCC*. Japon.

Miettinen, J., C. Shi, et S. C. Liew. 2016. «Land Cover Distribution in the Peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatra, and Borneo in 2015 with Changes since 1990.» *Global Ecology and Conservation* 6: 67–78. doi: [10.1016/j.gecco.2016.02.004](https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.02.004)

Ramankutty, N., A. Evan, C. Monfreda, et J. Foley. 2008. «Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000.» *Global Biogeochemical Cycles* 22. doi:10.1029/2007GB002952.

Selvaradjou S., L. Montanarella, O. Spaargaren, D. Dent, N. Filippi, S. Dominik. 2005. «European Digital Archive of Soil Maps (EuDASM) – Metadata on the Soil Maps of Asia.» *Office des publications de l'Union européenne*. Luxembourg.

Wahyunto, S. Ritung, H. Subagjo. 2003. «Maps of Area of Peatland Distribution and Carbon Content in Sumatra, 1990-2002.» *Wetlands International – Indonesia Programme & Wildlife Habitat*. Canada.

Wahyunto, S. Ritung, H. Subagjo. 2004. «Maps of Area of Peatland Distribution and Carbon Content in Kalimantan, 1990-2002.» *Wetlands International – Indonesia Programme & Wildlife Habitat*. Canada.

Zarin, D., N. Harris, A. Baccini, D. Aksenov, M. Hansen, C. Azevedo-Ramos, T. Azevedo, B. Margono, A. Alencar, C. Gabris et al. 2016. «Can Carbon Emissions from Tropical Deforestation Drop by 50% in 5 Years?» *Global Change Biology* 22: 1336-1347. doi: [10.1111/gcb.13153](https://doi.org/10.1111/gcb.13153)