



PRODUITS DES MAGASINS DU MONDE:

COMPARAISON DES EMPREINTES ENVIRONNEMENTALES DU SUCRE ET DU CHOCOLAT

Préparé par:

Vincent Rossi, expert en écobilan

Pour: l'Association romande des Magasins du Monde, Lausanne

Nadia Laden, chargée de communication

Lara Baranzini, porte-parole, coordinatrice

Date: 20 septembre 2022

Version finale

Contact:

Vincent Rossi

vincent.rossi@quantis-intl.com

INFORMATIONS DU PROJET

Titre du projet	Produits des magasins du monde: Comparaison des empreintes environnementales
Organisation contractante	Association romande des Magasins du Monde Avenue Dickens 6 1006 Lausanne
Liability statement	Information contained in this report has been compiled from and/or computed from sources believed to be credible. Application of the data is strictly at the discretion and the responsibility of the reader. Quantis is not liable for any loss or damage arising from the use of the information in this document.
Version	Finale
Équipe de projet	▪ Vincent Rossi, Expert ACV (vincent.rossi@quantis-intl.com)
Contacts clients	Nadia Laden Chargée de communication (nladen@mdm.ch) Lara Baranzini Porte-parole, coordinatrice (lbaranzini@mdm.ch)
Citation	Quantis (2022) Produits des magasins du monde: Comparaison des empreintes environnementales du sucre et du chocolat. Quantis Lausanne, Suisse.

Contenu

1. INTRODUCTION	3
2. LE BILAN CO₂ : CE QU'IL PREND EN COMPTE, CE QU'IL REFLÈTE, CE QU'IL NE MONTRE PAS	3
3. COMPARATIFS DE BILANS CARBONE	4
3.1. L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE (ACV)	4
3.2. SUCRE DE CANNE MASCOBADO VS AUTRES SUCRES	4
3.3. CHOCOLAT NOIR MASCAO VS CONVENTIONNEL	8
4. MODES DE CULTURE	16
5. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	17
5.1. SUCRE	17
5.2. CHOCOLAT	18
6. RÉFÉRENCES	19
6.1. AGROFORESTERIE	19
6.2. CULTURE BIOLOGIQUE	20
7. ANNEXES	22
7.1. DONNÉES POUR LES SUCRES	22
7.2. DONNÉES POUR LES CHOCOLATS	25

1. Introduction

L'Association romande des Magasins du Monde (MdM), basée à Lausanne, est la faîtière de 37 magasins spécialisés en commerce équitable répartis dans toute la Suisse romande.

La MdM a une mission de sensibilisation et à cet effet met sur pied des campagnes annuelles. Pour les deux prochaines années elle a prévu de communiquer sur les impacts (positifs et négatifs) de ses produits sur le climat. Elle importe des produits d'artisanat et des produits alimentaires (cacao, café, épices, pâtes, etc.).

Ce projet répond à ces attentes en termes d'informations à communiquer dans le cadre de la prochaine campagne. Il fournit les éléments suivants :

1. Un explicatif de ce que le bilan CO₂ prend en compte et de ce qu'il ne prend pas en compte.
2. Un comparatif chiffré de l'empreinte carbone de deux produits phares : une tablette de chocolat noir et un kg de sucre.
3. Un comparatif qualitatif de plusieurs modes de cultures (agroforesterie vs bio vs conventionnel).

2. Le bilan CO₂ : ce qu'il prend en compte, ce qu'il reflète, ce qu'il ne montre pas

Un bilan CO₂, ou aussi appelé « empreinte carbone », est une quantification des gaz à effet de serre émis lors du cycle de vie d'un produit ou d'un service. Malgré ces noms réducteurs, il s'agit bien de prendre en compte tous les gaz à effet de serre, y compris le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O), qui sont majoritairement issus de l'agriculture et de l'industrie chimique, dont les engrais, et d'autres gaz industriels moins connus. Les impacts des autres gaz sont simplement exprimés dans leur équivalent en CO₂, soit en « kg CO₂-eq ».¹

Dans le cadre de ce projet, la quantification chiffrée des impacts se limite à cet indicateur climatique. Cependant, le CO₂ est considéré comme un indicateur assez générique car, hormis le fait que le climat est une thématique très importante, il couvre assez bien de nombreuses problématiques environnementales qui y sont liées : combustion de carburants fossiles et donc leur pollution associée, usage d'engrais, déforestation, érosion du sol, usage d'énergie dans les processus industriels et usage de plastique.

Mais le CO₂ ne reflète pas ou pas assez d'autres problématiques comme le « trou » dans la couche d'ozone, l'eutrophisation des cours d'eau, les micropolluants (perturbateurs endocriniens, cancérigènes, biocides...), les fuites radioactives ou les espèces invasives. Ces aspects-là sont ici évoqués de manière qualitative.

¹ Pour être précis, le CH₄ a un potentiel de réchauffement de 34 fois celui du CO₂, et le N₂O de 298 fois (IPCC 2013, table 8.7, GWP100 avec climate-carbon feedback).

3. Comparatifs de bilans carbone

3.1. L'analyse de cycle de vie (ACV)

Les comparatifs présentés ci-dessous sont réalisés selon l'approche ACV telle que documentée par ISO 14040 et ISO 14044. Il s'agit cependant d'études allégées utilisant dans une large mesure les données ecoinvent² 3.6 pour les produits conventionnels et les données d'arrière-plan (énergie, emballage et transports, principalement) et, pour les produits MDM, des données récoltées auprès des producteurs.

Seule l'empreinte carbone (GWP₁₀₀ selon IPCC 2013) a été quantifiée, et le système étudié s'interrompt au magasin. Le transport vers le lieu de consommation et l'utilisation ne sont donc pas inclus dans l'étude. La fin de vie de l'emballage est en revanche incluse.

En ce qui concerne le transport vers le lieu de consommation et l'utilisation, de même que la fin de vie du produit, qui est ingéré, il est raisonnable de penser qu'ils n'influencent pas la comparaison.

Les frontières du système sont précisées au cas par cas.

3.2. Sucre de canne Mascobado vs autres sucres

3.2.1. Données et hypothèses

Nous comparons l'empreinte carbone du sucre de canne brut (complet et non raffiné) Mascobado, produit dans la région de Bago City aux Philippines, avec le sucre de canne "brut" conventionnel du Brésil et le sucre de betterave raffiné suisse et allemand.

L'analyse comprend les étapes du cycle de vie suivantes :

- la partie agricole de la production sucrière (canne ou betterave), considérant le changement d'affectation des sols au Brésil selon Novaes et al 2017; aucun changement d'affectation des sols n'est attribué à la canne à sucre équitable des Philippines ;
- le transport du champ vers le lieu d'extraction du sucre ;
- le processus d'extraction (intrants énergétiques et traitement des déchets) ;
- la fabrication de l'emballage pour l'exportation ;
- le transport routier du lieu de conditionnement (le même lieu que l'extraction) vers Lausanne, ou, le cas échéant, le port intercontinental le plus proche ; dans le cas des Philippines, il implique un transport maritime local de Bago City à Manille ;
 - le transport maritime transocéanique jusqu'à Rotterdam ;
 - le transport routier de Rotterdam à Lausanne ;
- la fin de vie de l'emballage : incinération du plastique à Tridel et recyclage du carton.

Les détails sont fournis en annexe 7.1.

² ecoinvent est une association sans but lucrative fondée par plusieurs instituts du Domaine des EPF et l'Agroscope. Elle fournit la base de données d'inventaire de cycle de vie la plus complète et la plus transparente au niveau international. <https://www.ecoinvent.org/home.html>

3.2.2. Résultats et commentaires

L’empreinte carbone des sucres comparés est fournie en Figure 1. Le Mascobado n’est pas meilleur que le sucre (blanc) local, mais il est meilleur que le sucre brésilien.

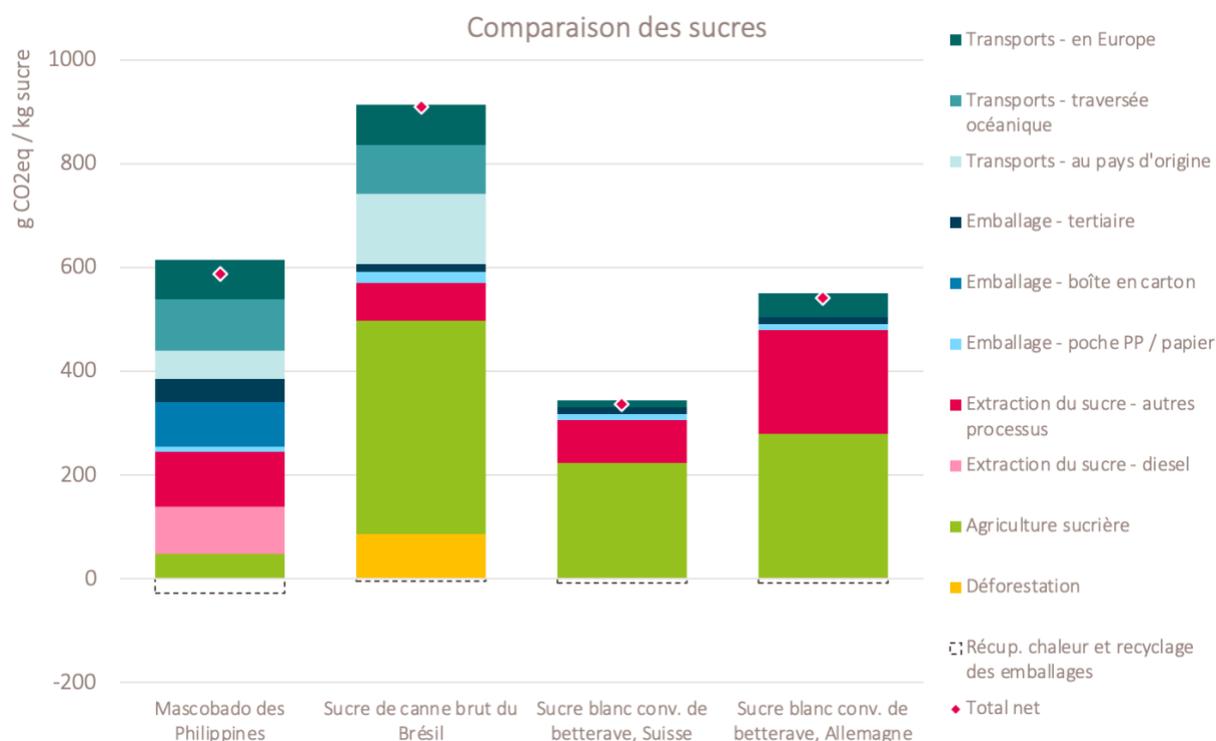


Figure 1: Résultats de l’empreinte carbone des sucres – sans projet de compensation carbone

La comparaison entre sucres bruts et sucres blancs n’est pas tout à fait rigoureuse puisque leurs qualités (gustatives ou culinaires) ne sont pas identiques. Elle est donc réalisée ici à titre indicatif.

Les éléments suivants ressortent :

1. La culture même du Mascobado a beaucoup moins d’impacts que les autres sucres, en raison des pratiques très sobres de la culture (sans intrants phytosanitaires) et non mécanisées.
2. L’extraction à petite échelle du sucre Mascobado pèse lourd dans le bilan carbone, en particulier l’usage de diesel, comparée à l’extraction industrielle des autres sucres.
3. L’emballage en carton du Mascobado pèse également lourd dans le bilan, alors que les autres sucres choisis sont conditionnés en poches de papier beaucoup plus légères (même si elle est plastifiée dans le cas brésilien).
4. Les sucres de canne, importés, sont fortement pénalisés par le transport maritime. Celui-ci a une importance relativement grande dans le cas du sucre, qui est un produit peu transformé.
5. On peut noter pour le Brésil : a) les grands impacts du transport routier : la région de production de la canne à sucre est immense et, si l’extraction est faite sur place, il faut bien transporter le produit au port ; b) les grands impacts de la culture de la canne, intensive, mécanisée, avec engrais émetteur de gaz à effet de serre ; c) la déforestation attribuée à la canne à sucre, combien même la région est éloignée de l’Amazonie.
6. A noter aussi pour l’Allemagne : l’extraction du sucre présente des impacts nettement plus importants qu’en Suisse, alors que le procédé est similaire. Il s’agit essentiellement de la différence de carbone émis par l’électricité (relativement propre en Suisse et encore très charbonnée en Allemagne).

7. Finalement, la fin de vie par incinération du plastique à Tridel et par recyclage du carton fournit un bénéfice. Le crédit carbone est très faible, mais pas négligeable pour le carton Mascobado (en raison de sa masse).

Tableau 1: Résultats de l’empreinte carbone des sucres

Empreinte carbone : g CO ₂ -eq/kg	Mascobado des Philippines	Sucre de canne brut du Brésil	Sucre blanc conv. de betterave, suisse	Sucre blanc conv. de betterave, allemand
Agriculture sucrière	48	410	223	280
Déforestation	0	87	0	0
Extraction du sucre - diesel	92			
Extraction du sucre - autres processus	105	74	83	199
Emballage - poche PP / papier	10	22	12	12
Emballage - boîte en carton	85			
Emballage - tertiaire	46	14	14	14
Transports - au pays d'origine	54	136		
Transports - traversée océanique	98	95		
Transports - en Europe	77	77	14	45
Récup. chaleur et recyclage des emballages	-27	-5	-8	-8
Total net	588	909	337	542

3.2.3. Prise en compte du projet de reboisement de CO₂ Alter Trade

Un projet de reboisement a été réalisé par PurProjet depuis 2013 avec le partenaire de commercialisation sucrier, Alter Trade Corporation (ATC). 2500 arbres ont ainsi été plantés aux Philippines dans le cadre de la plantation sucrière de Mascobado (et plus de 40'000 dans le cadre plus vaste du projet). Le projet est géré localement sous le nom "Alter Trade" et le sucre est importé par Claro³.

Le projet n'étant **pas certifié**, plusieurs limitations s'appliquent :

- La capture de carbone ne peut pas être officiellement intégrée au bilan carbone présenté, elle ne peut être mentionnée qu'à titre informatif.
- Les calculs détaillés de capture carbone ne sont pas disponibles et les résultats présentés sont basés sur des estimations très générales (le rapport est de 6 arbres pour 1 t CO₂).
- Un facteur d'incertitude très important s'applique sur le crédit carbone présenté en Figure 2 : ce crédit peut être 2 fois plus petit ou plus grand que celui présenté.

Les hypothèses retenues pour le crédit carbone sont données dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Hypothèses retenues pour le crédit carbone

Paramètre	Valeur	Unité	Remarque
Nombre d'arbres plantés	2500	Arbres	Données claro fair trade, ATC

³ Claro est le principal importateur suisse de produits issus du commerce équitable. Il est membre de la faïtière European Fair Trade Association (EFTA).

Ratio avec sucre produit	16	arbres/t sucre	Données claro fair trade, ATC. Production supposée annuelle de sucre
Production annuelle de sucre	156.25	t mascobado	Calcul
Temps de croissance d'un arbre	20	ans	Supposition d'après le climat local
Biomasse (humide) d'un arbre après 20 ans	4	t MF/arbre	Supposition d'après le climat local (MF = matière fraîche)
Croissance annuelle linéarisée	200	kg MF/arbre.an	
Taux de carbone dans la MF	25%		Considérant taux moyen de 50% C dans la matière sèche (précis) et 50% d'humidité (approximatif)
Capture annuelle de carbone	50	kg C/arbre.an	Calcul
Capture annuelle de CO ₂	183	kg CO ₂ /arbre.an	Calcul
Capture annuelle de CO ₂ rapportée à la production de sucre	2933	kg CO ₂ /t mascobado	Calcul
Durée de capture pouvant être garantie et donnant lieu à un crédit carbone	20	ans	Hypothèse
Crédit carbone calculés	587	kg CO₂eq/t mascobado	Facteur 2 d'incertitude

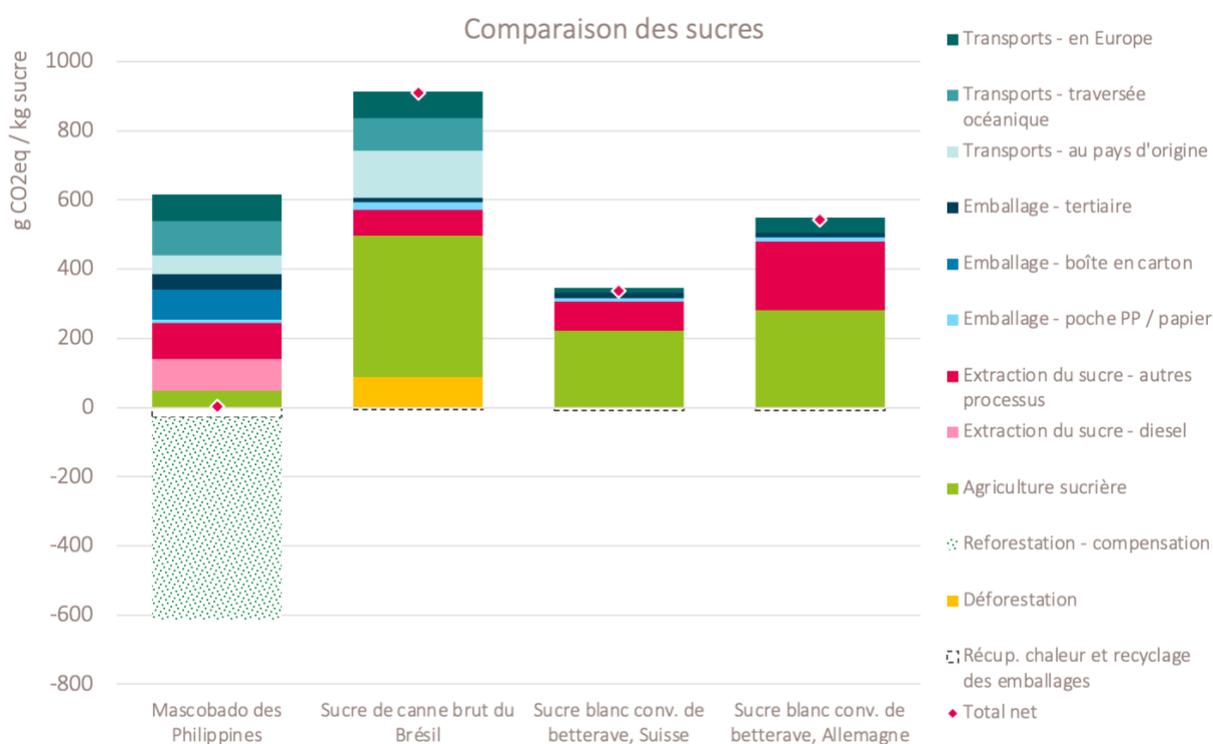


Figure 2 : Résultats de l’empreinte carbone des sucres avec le projet de compensation carbone

Selon ce résultat, l’empreinte carbone du sucre Mascobado serait pratiquement entièrement compensée par la capture de CO₂ par la plantation d’arbres. Même en considérant une capture deux fois plus petite pour tenir compte des incertitudes, ce projet de compensation mettrait le sucre Mascobado au premier rang en termes d’impact climatique, ex-aequo avec le sucre de betterave suisse.

Il faut répéter ici que le projet n’étant pas certifié, cette capture de CO₂ ne peut pas être portée au bilan du projet.

3.3. Chocolat noir Mascao vs conventionnel

3.3.1. Données et hypothèses

Nous comparons l'empreinte carbone du chocolat noir Mascao 70%, produit à partir de cacao bolivien de la région de Sapecho, et de sucre de canne paraguayen de la région de Asuncion, avec du chocolat noir conventionnel 70% également, produit à partir de cacao d'Afrique de l'Ouest et du sucre de canne du Brésil.

Recette du chocolat

Mascao 70%	Conventionnel 70%
Pâte de cacao (Bolivie) : 55%	Fèves de cacao (Ghana ou Côte d'Ivoire) : 64%
Beurre de cacao (Bolivie) : 16%	Beurre de cacao (Ghana ou Côte d'Ivoire) : 7%
Sucre de canne (Paraguay) : 28%	Sucre de canne (Brésil) : 26%
Vanille (moyenne mondiale) : max 2%	Beurre (Europe) : 3%
	Lécithine de soja : 0.1%
	Extrait de vanille : 0.05%

L'analyse comprend les étapes du cycle de vie suivantes, pour le cacao (70%) puis le chocolat:

- la partie agricole de la production de cacao, considérant le changement d'affectation des sols en Afrique de l'Ouest selon la méthode statistique⁴; aucun changement d'affectation des sols n'est attribué au cacao équitable de Sapecho en Bolivie (ce choix est discuté dans la section 3.3.2);
- le transport de la plantation vers le lieu de fermentation puis séchage des fèves de cacao;
- le séchage au soleil et tri à la main ;
- la fabrication de l'emballage pour l'exportation (sacs de jute) ;
- le transport du lieu de séchage vers le lieu de production du chocolat en Suisse ou en Europe, composé des étapes suivantes :
 - le transport routier vers le port intercontinental le plus proche ; soit un port du sud du Pérou dans le cas de la Bolivie, et Abidjan ou Accra pour l'Afrique de l'Ouest;
 - le transport maritime transocéanique jusqu'à Rotterdam ;
 - le transport routier de Rotterdam à la fabrique de chocolat en Europe (à Kreuzlingen dans le cas du Mascao, produit par Bernrain AG);
- la transformation du cacao (torréfaction, pressage, séparation, conchage) et le mélange des autres ingrédients ;
- la fabrication de l'emballage de la plaque de chocolat (film aluminium et pochette en carton) ;
- le transport routier de la fabrique vers le lieu de commercialisation ;
- la fin de vie de l'emballage : incinération du plastique à Tridel et recyclage du carton.

Les étapes du cycle de vie du sucre (26 à 30%) sont les suivantes :

- la partie agricole de la production sucrière (canne), considérant le changement d'affectation des sols au Brésil selon Novaes et al 2017; aucun changement d'affectation des sols n'est attribué à la canne à sucre équitable du Paraguay, produit dans la région de Asuncion (ce choix est discuté dans la section 3.3.4);

⁴ Le changement d'affectation des sols est déterminé sur la base de données FAOSTAT : les affectations dont l'aire décroît sont attribués statistiquement et uniformément aux affectations dont l'aire croît. Le calcul est réalisé sur la moyenne des 20 dernières années en accord avec le GHG Protocol.

- le transport du champ vers le lieu d'extraction du sucre;
- le processus d'extraction (intrants énergétiques et traitement des déchets) ;
- la fabrication de l'emballage pour l'exportation ;
- le transport du lieu d'extraction vers le lieu de production du chocolat en Suisse ou en Europe, composé des étapes suivantes :
 - le transport routier vers le port intercontinental le plus proche ;
 - le transport maritime transocéanique jusqu'à Rotterdam ;
 - le transport routier de Rotterdam à la fabrique de chocolat ;

Les étapes du cycle de vie du beurre et autres ingrédients (< 3%) sont les suivantes :

- Production du beurre européen (production de fourrage, transport, élevage, traitement du fumier, traite, transport, stérilisation et production, conditionnement, transport) selon données WFLDB (Bengoa et al, 2020);
- Vanille : production et préparation selon données WFLDB (Bengoa et al, 2020);
- Autres ingrédients mineurs : datasets génériques ecoinvent utilisés comme proxy.

Les détails sont fournis en annexe 7.2.

3.3.2. Déforestation en Bolivie

La région de Sapecho est en proie à une déforestation importante en raison de l'activité agricole locale, comme le montrent les figures ci-dessous. La trame suggère une agriculture vivrière ou de revenu à petite échelle, ce qui contraste fortement avec la trame liée au soja brésilien.

L'hypothèse selon laquelle le cacao de Sapecho, lié à la coopérative El Ceibo, ne participe pas à cette déforestation a été retenue en raison de l'histoire de cette coopérative. En effet El Ceibo est accompagnée depuis 30 ans par Claro pour travailler en agroforesterie. Des indications supplémentaires confirmant l'absence de déforestation seraient néanmoins bienvenues.

3.3.3. Déforestation dans le cadre des plantations de cacao

Dans le cas du cacao, la déforestation est en réalité une dégradation de la forêt, où progressivement les arbres de la forêt primaire sont remplacés par des plants de cacaoyer et la biodiversité est altérée par les activités humaines. La couverture arborée peut rester élevée et il est rare de voir des coupes claires, donc techniquement il n'y a pas de déforestation liée au cacao, mais il y a néanmoins une diminution de biomasse et de biodiversité.

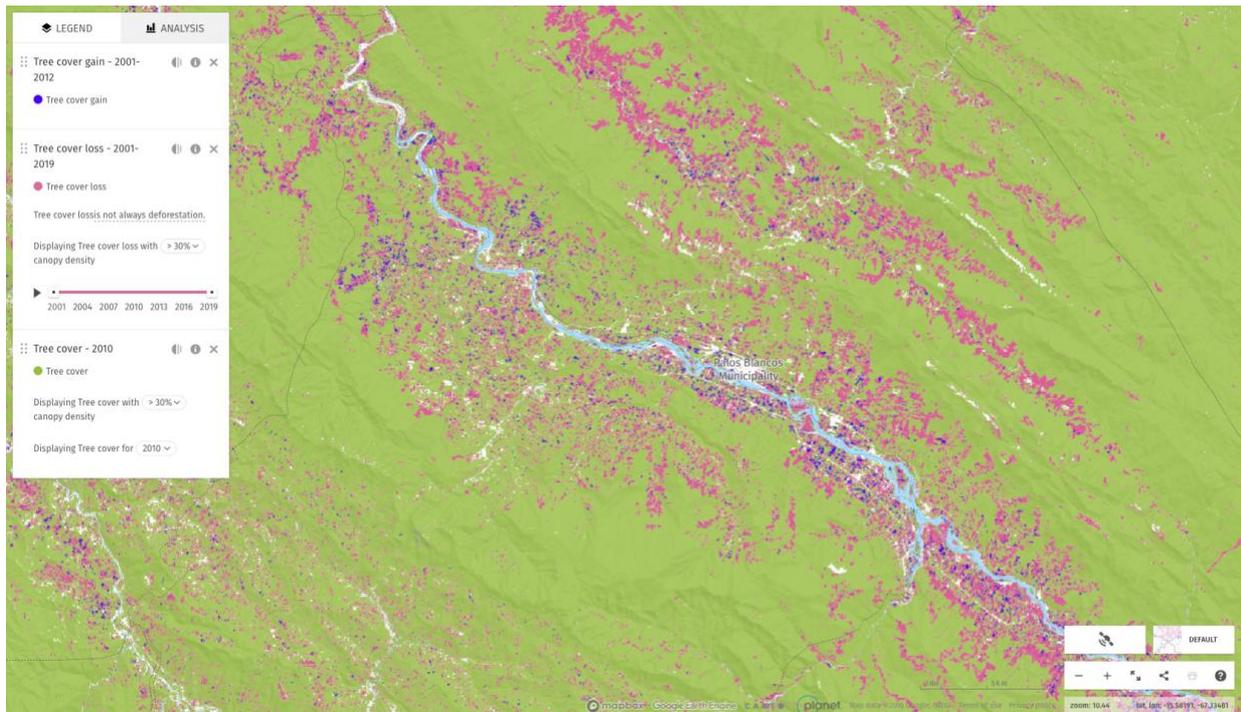


Figure 3: Carte montrant les pertes (en rose) et les gains (en bleu) de couverture forestière entre 2001 et 2019 autour de la commune de Sapecho en Bolivie (source: Global Forest Watch 2021)

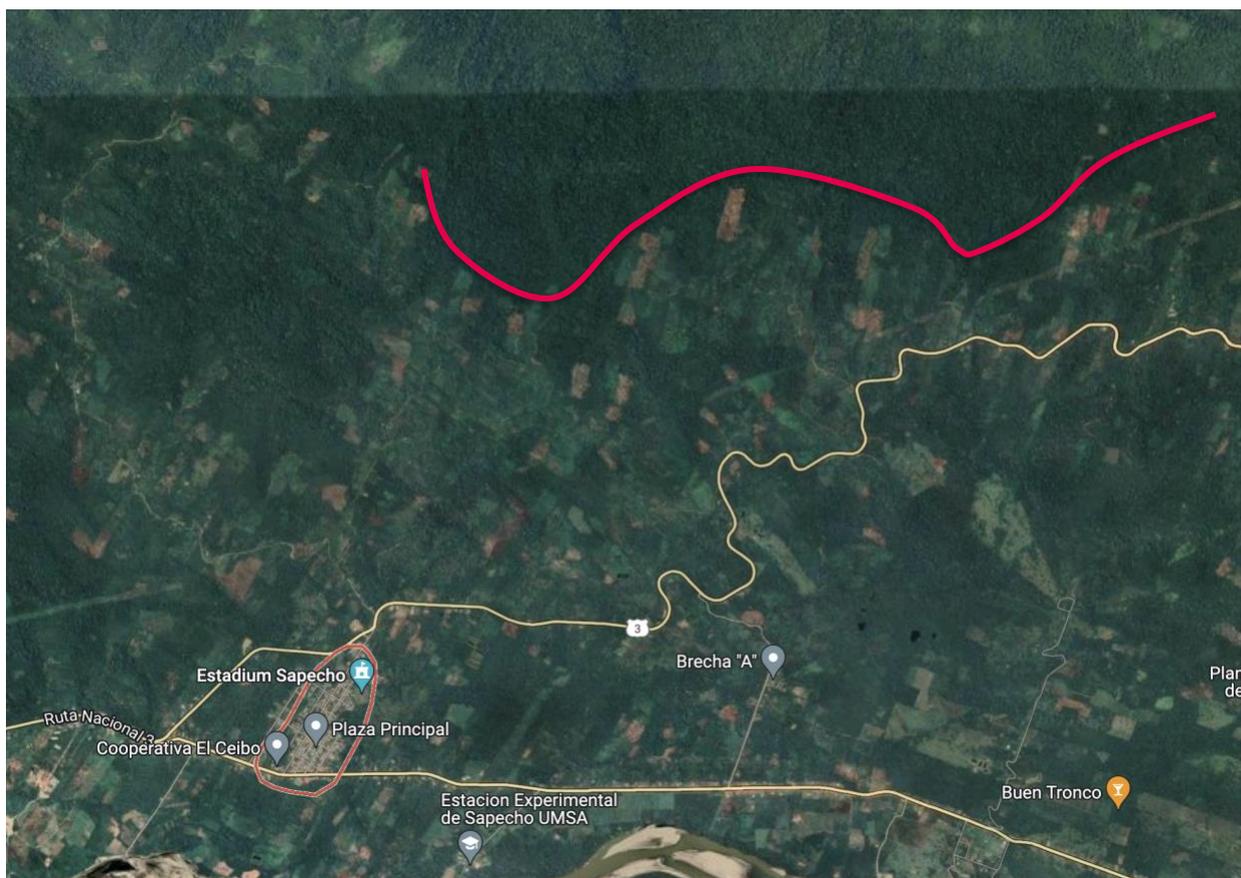


Figure 4: Image satellite montrant les parcelles fraîchement défrichées (en brun) immédiatement au Nord-Est de la commune de Sapecho en Bolivie. Un front de déforestation est clairement visible (ligne rouge) (source: Google Map 2022)

3.3.4. Déforestation au Paraguay

Le Paraguay est en proie à une forte déforestation, essentiellement concentrée dans le Nord-Ouest (forêt del Chaco) surtout pour y installer de l'élevage bovin, et aussi dans l'Est où la canne à sucre est davantage présente (Figure 5). La région d'Asuncion a été déforestée il y a plus longtemps, ce qui explique que le phénomène ne s'y manifeste que de manière résiduelle. La production de sucre dans cette région ne cause donc pas directement de déforestation.

La forte expansion de la culture sucrière dans les années 2000 à 2015 (Figure 6) a cependant été un contributeur, à minima indirect, de la déforestation au Paraguay, ce qui rend ce sujet sensible même pour une production équitable.

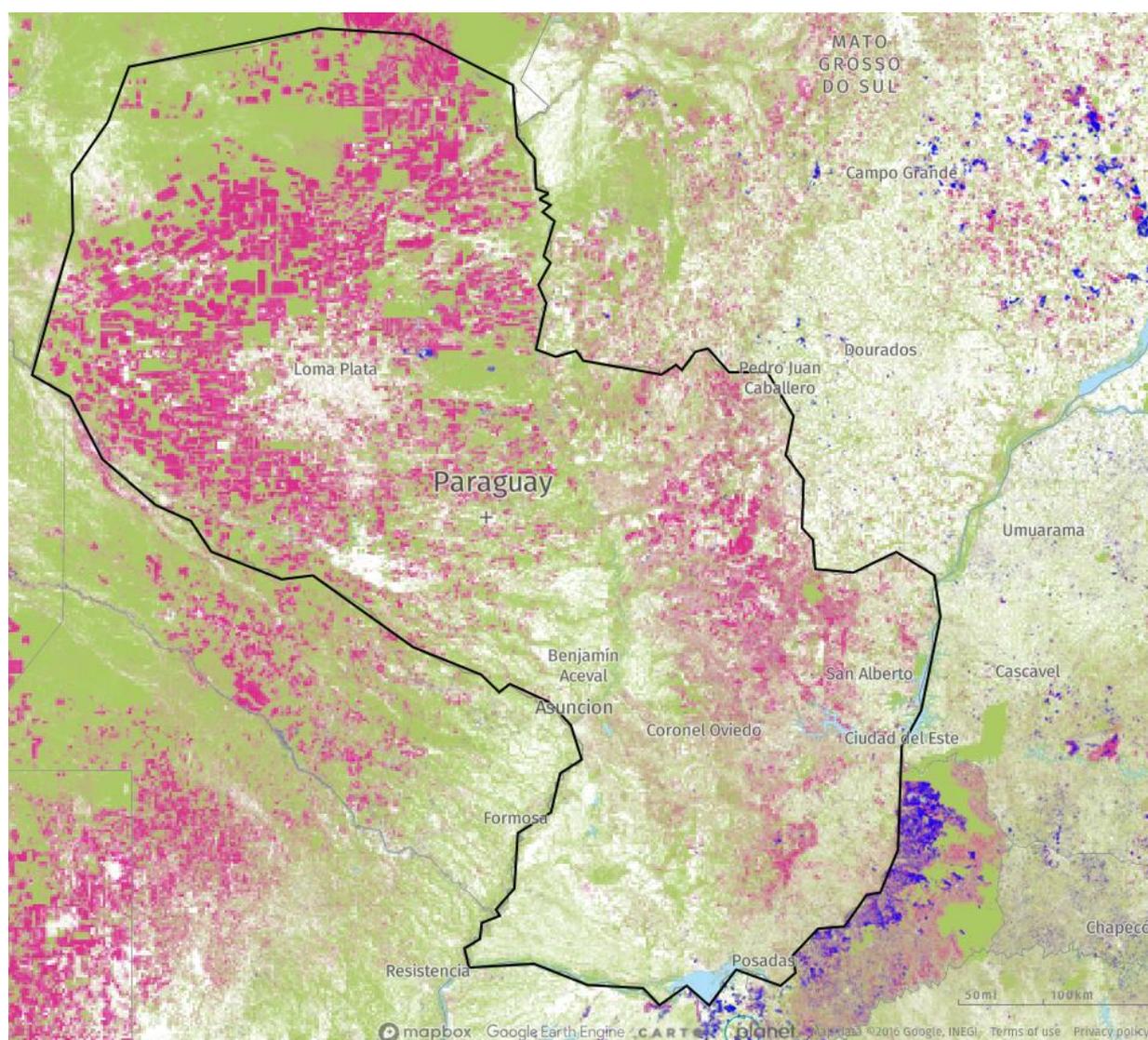


Figure 5: Carte montrant les pertes (en rose) et les gains (en bleu) de couverture forestière entre 2001 et 2019 au Paraguay (source: Global Forest Watch 2021)

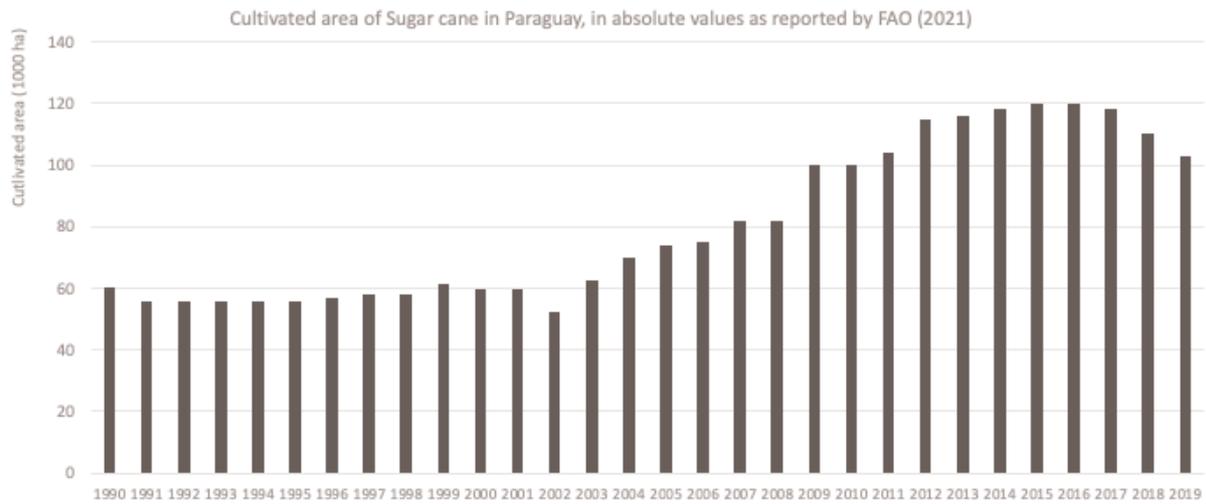


Figure 6 : Évolution de la surface de la culture de canne à sucre au Paraguay (source : FAOSTAT 2021)

3.3.5. Résultats et commentaires

L’empreinte carbone des chocolats comparés est fournie en Figure 7 et Figure 8. Le Mascao de Bolivie est significativement meilleur que le chocolat conventionnel du Ghana.

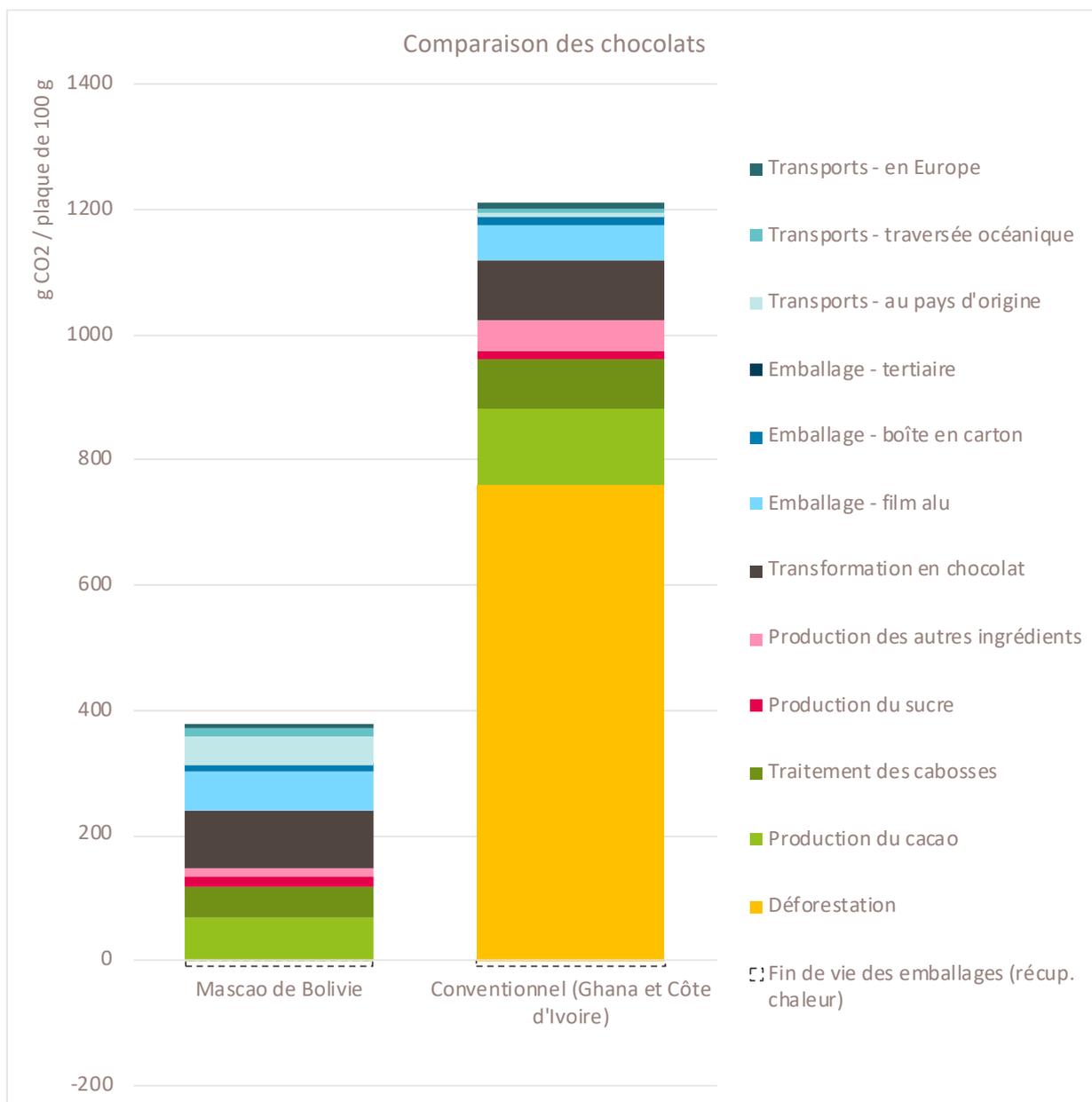


Figure 7 : Résultats de l’empreinte carbone des chocolats, avec déforestation en Afrique de l’Ouest

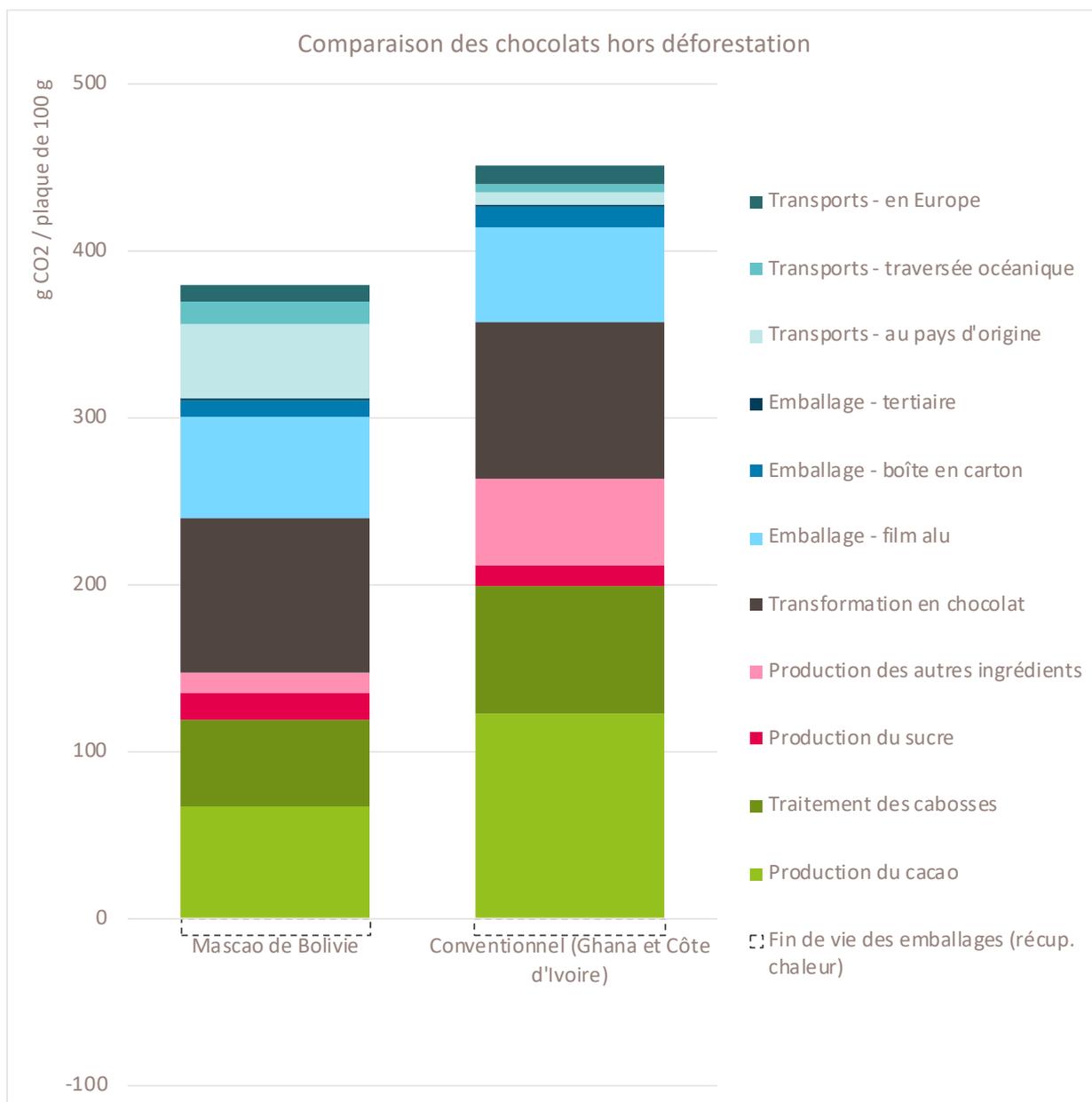


Figure 8 : Résultats de l'empreinte carbone des chocolats, sans déforestation

Les éléments suivants ressortent :

1. La déforestation du cacao conventionnel a un impact massif sur l'environnement, exprimé ici en termes de changement climatique. Ceci est dû à une extension importante des plantations de cacao à l'intérieur des forêts ouest-africaines, dégradant celles-ci progressivement et à très large échelle.
2. Hors déforestation, la culture du cacao bolivien a moins d'impacts que le cacao conventionnel, en raison des pratiques agroforestières exemptes de phytosanitaires chimiques et peu mécanisées.
3. Le traitement des cabosses est aussi mieux réalisé pour le Mascao, car la pratique du compostage est plus répandue en agroforesterie, ce qui réduit les émissions de méthane des cabosses lorsqu'elles fermentent en tas.
4. Au niveau des ingrédients secondaires, le beurre du chocolat conventionnel (moins de 3% de la masse) se démarque en particulier car sa chaîne de production implique les émissions de méthane entérique des vaches ainsi que la déforestation amazonienne pour le fourrage (soya).

5. La transformation en chocolat puis l'emballage sont identiques dans les deux cas. Il faut noter le relativement fort impact de la production du film en aluminium, qui n'est la plupart du temps même pas recyclé.
6. Au niveau des transports, le Mascao souffre d'un handicap au pays d'origine en raison du long trajet en camion qui doit être réalisé pour atteindre le port d'exportation au Pérou. Les autres transports sont similaires ou identiques.
7. Finalement, la fin de vie par incinération du carton d'emballage à Tridel fournit un bénéfice avec un crédit carbone très faible. Le recyclage du carton ne donnerait pas une image très différente. En revanche, le recyclage du film aluminium, malgré les pertes dues à la finesse du film (davantage oxydé durant le recyclage) serait relativement intéressant et permettrait de gagner environ 30 g de CO₂ par plaque.

Tableau 3: Résultats de l'empreinte carbone des chocolats

Empreinte carbone : g CO ₂ -eq/kg	Mascao de Bolivie	Conventionnel (Ghana)
Production du cacao	67	122
Déforestation	0	761
Traitement des cabosses	52	77
Production du sucre	16	13
Production des autres ingrédients	12	51
Transformation en chocolat	94	94
Emballage - film alu	60	60
Emballage - boîte en carton	10	10
Emballage - tertiaire	1	1
Transports - au pays d'origine	45	7
Transports - traversée océanique	14	6
Transports - en Europe	9	10
Fin de vie des emballages (récup. chaleur, sans considérer le recyclage possible du carton ou de l'alu)	-10	-10
Total net	370	1204

4. Modes de culture

Ce chapitre discute de manière qualitative des différences d'impacts environnementaux entre l'agroforesterie régénérative, l'agriculture bio et l'agriculture conventionnelle.

Un des facteurs les plus importants qui est considéré dans ces comparaisons, et qui influence presque tous les autres indicateurs, est la différence de rendement de la plante cultivée entre agroforesterie, bio et conventionnel. Ce sujet est assez complexe et surtout il est très controversé. Nous le suivons de près et il a une composante idéologique indéniable. Un certain nombre de références sont citées aux sections 6.1 et 6.2 pour illustrer la taille de la littérature et servir de bases pour un travail approfondi.

Cependant, si le rendement annuel est évidemment crucial puisqu'il sert de dénominateur pour les impacts quantifiés (comme les émissions de CO₂, l'occupation du sol ou l'eau consommée), il ne saurait éclipser des aspects qui se déploient sur le long terme, comme la perte de qualité du sol et la diminution de la biodiversité, en particulier la disparition des insectes, dont les pollinisateurs. Ces aspects n'étant encore pas assez bien quantifiés et documentés en ACV, ils sont abordés de manière synthétique et qualitative dans le Tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4: Comparaison qualitative des modes de culture

Information	Agroforesterie régénérative	Agriculture biologique (suisse)	Agriculture conventionnelle intensive (UE)
Nombre de produits issus de la même parcelle	Plusieurs	1	1
Usage de pesticides de synthèse	Très limité ou aucun	Aucun (mais cuivre)	Important
Usage de fertilisants artificiels	Non	Non	Important
Usage de fertilisants animaux	Peu	Moyen	Peu
Usage de fertilisants végétaux	Beaucoup	Moyen	Peu
Dépendance à l'irrigation	Faible	Moyenne	Moyenne à haute
Productivité (combinée) par ha et par an	Moyenne à élevée	Moyenne	Élevée
Érosion	Non	Très limitée	Importante
Perte de qualité du sol	Non	Non	Peu à importante
Perméabilité du sol	Complète	Bonne	Moyenne à basse
Biodiversité	Grande	Moyenne	Très basse
Émissions de CO ₂ -eq	Neutres, voire bénéficiaires	Basses à moyennes	Moyennes à élevées
Résilience	Maximale	Haute	Basse
Coût de mise en œuvre	Élevé	Moyen	Bas
Coût en capital	Bas à moyen (surtout le prix des arbres)	Moyen à élevé	Élevé
Coût en services écosystémiques	Bénéficiaire	Proche de neutre	Déficitaire

De manière schématique, le problème principal est que le conventionnel assure des rendements élevés, il est simple à mettre en œuvre, mais n'est pas résilient : il détruit la vie et le sol et en cas de rupture de l'accès aux phytosanitaires, il ne produit plus rien. Le bio et l'agroforesterie sont beaucoup plus

compliqués à mettre en œuvre car demandent des connaissances sur les complémentarités entre les espèces, ils ont des rendements qui ne sont compétitifs que si ces connaissances sont très bien mises en œuvre, mais ils sont résilients : ce sont les seuls modes de production qui ont un avenir à long terme. Par essence, on ne résume pas ce débat sur un indicateur unique et générique comme le CO₂.

5. Conclusion et recommandations

Cette étude fournit un aperçu intéressant de l’empreinte carbone de deux produits emblématiques du commerce équitable : le sucre et le chocolat. Ils représentent bien le fait qu’il y a des avantages environnementaux qui vont de pair avec les pratiques respectueuses des producteurs et productrices, comme le respect de la nature en général, mais aussi des compromis, notamment des impacts supplémentaires liés aux transports ou aux procédés industriels à petite échelle.

Les produits équitables sont aussi exposés aux risques liés à la déforestation, même s’ils sont en général plus enclins à pratiquer une production plus respectueuse de l’environnement.

Il est essentiel de s’assurer de l’absence de déforestation directe (si possible à travers une certification), et il est aussi souhaitable d’œuvrer localement à réduire la déforestation indirecte (actions de sensibilisation auprès de la population, actions auprès des pouvoirs publics).

5.1. Sucre

L’extraction locale et à semi artisanale semble avoir des impacts plus importants que l’extraction industrielle, inconvénient inhérent à la petite échelle. L’emballage est plus important aussi, ce qui pénalise le bilan carbone. Le Mascobado est au bénéfice d’un projet d’afforestation non certifié, mais qui a le potentiel de capturer une très grande quantité de carbone, au point de neutraliser complètement toutes les émissions liées à ce sucre équitable.

La déforestation au Brésil a été quantifiée de manière prudente selon des chiffres datant d’avant l’ère Bolsonaro. Il faudrait maintenant compter sur une déforestation nettement plus importante, ce qui achève de disqualifier le sucre de canne conventionnel.

Il est à noter que le sucre de betterave suisse a un excellent bilan carbone, et sa version bio pourrait sans doute être recommandée aussi bien que le Mascobado, si on préfère favoriser la production locale. Le sucre de betterave suisse non bio présente des inconvénients très marqués pour la biodiversité, non quantifiés dans ce bilan carbone, notamment par l’usage de néonicotinoïdes dont il est désormais prouvé qu’ils participent à l’effondrement des populations d’insectes.

Il est recommandé d’encourager l’optimisation énergétique de l’extraction du sucre ainsi que d’explorer la possibilité de réduire/simplifier son emballage. Un transport par chemin de fer entre le port d’entrée en Europe et la Suisse serait aussi souhaitable.

5.2. Chocolat

La déforestation en Afrique de l'Ouest est de très loin le problème majeur du chocolat conventionnel. Outre cet aspect, les deux chocolats se distinguent par 1) une production plus respectueuse de l'environnement dans le cadre de l'agroforesterie en Bolivie que dans le cas conventionnel au Ghana et en Côte d'Ivoire, et 2) la présence de beurre de lait de vache dans les ingrédients du chocolat conventionnel, beurre dont les impacts sont relativement lourds entre le méthane entérique des bovins et la déforestation nécessaire au fourrage.

La déforestation liée au cacao en Afrique de l'Ouest est connue pour être catastrophique, malgré une détection difficile par imagerie satellitaire en raison de son caractère progressif. C'est le principal défi auquel l'industrie chocolatière est confronté, dans un contexte de croissance soutenue de la demande. La déforestation touche évidemment d'autres ingrédients du chocolat, comme le sucre et le beurre.

Il est recommandé en premier lieu de maintenir les bonnes pratiques agroforestières du cacao, afin de préserver la biodiversité, le stock de carbone et la productivité des plantations d'El Ceibo. Parmi les bonnes pratiques, le bon traitement des déchets organiques permet d'éviter des émissions nuisibles et de valoriser la matière organique en engrais pour le sol (la gestion des cabosses vides est visée en particulier).

Il serait intéressant d'obtenir des données de consommation énergétique de la part de Bernrain AG pour son site de Kreuzlingen, et bien entendu d'optimiser les processus qui peuvent encore l'être.

Enfin, et non des moindres, il est fortement recommandé de trouver une alternative au film d'aluminium pour l'emballage du chocolat : des films plastiques avec les qualités de barrière à l'humidité et à l'oxygène existent sur le marché.

6. Références

- Bengoa X., Chappuis C., Guignard C., Liernur A., Kounina A., Papadimitriou C., Rossi V. & Bayart J-B. (2020) World Food LCA Database Documentation. Version 3.5.1, January 2020. Quantis, Lausanne, Switzerland
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Novaes RML, Pazianotto RAA, Brandão M, et al (2017) Estimating 20-year land-use change and derived CO₂ emissions associated with crops, pasture and forestry in Brazil and each of its 27 states. *Glob Chang Biol* 23:3716–3728. doi: 10.1111/gcb.13708

6.1. Agroforesterie

- Adou Y (2019) Système agroforestier à cacaoyers en Côte d'Ivoire : connaissances existantes et besoins de recherche pour une production durable.
- Braga DPP, Domene F, Gandara FB (2018) Shade trees composition and diversity in cacao agroforestry systems of southern Pará, Brazilian Amazon. *Agrofor Syst* 1–13. doi: 10.1007/s10457-018-0250-6
- De Giusti G, Kristjanson P, Rufino MC (2019) Agroforestry as a climate change mitigation practice in smallholder farming: evidence from Kenya. *Clim Change* 153:379–394. doi: 10.1007/s10584-019-02390-0
- Eldesouky A, Mesias FJ, Elghannam A, Escribano M (2018) Can extensification compensate livestock greenhouse gas emissions? A study of the carbon footprint in Spanish agroforestry systems. *J Clean Prod* 200:28–38. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.279
- Feliciano D, Ledo A, Hillier J, Nayak DR (2018) Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? *Agric Ecosyst Environ* 254:117–129. doi: 10.1016/j.agee.2017.11.032
- Gama-Rodrigues EF, Gama-Rodrigues AC, Nair PKR (2011) Soil Carbon Sequestration in Cacao Agroforestry Systems: A Case Study from Bahia, Brazil. In: Kumar BM, Nair PKR (eds) *Carbon Sequestration Potential Agrofor. Syst. Oppor. Challenges*. pp 85–99
- Gómez Cardozo E, Xavier Rousseau G, Celentano D, et al (2018) Efecto de la riqueza de especies y la estructura de la vegetación en el almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en la Amazonía sur de Bolivia. *Rev Biol Trop* 66:1481. doi: 10.15517/rbt.v66i4.32489
- Häger A (2012) The effects of management and plant diversity on carbon storage in coffee agroforestry systems in Costa Rica. *Agrofor Syst* 86:159–174. doi: 10.1007/s10457-012-9545-1
- Hernández-Morcillo M, Burgess P, Mirck J, et al (2018) Scanning agroforestry-based solutions for climate change mitigation and adaptation in Europe. *Environ Sci Policy* 80:44–52. doi: 10.1016/j.envsci.2017.11.013
- Kay S, Crous-Duran J, García de Jalón S, et al (2018) Landscape-scale modelling of agroforestry ecosystem services in Swiss orchards: a methodological approach. *Landsc Ecol* 33:1633–1644. doi: 10.1007/s10980-018-0691-3
- Kay S, Graves A, Palma JHN, et al (2019) Agroforestry is paying off – Economic evaluation of ecosystem services in European landscapes with and without agroforestry systems. *Ecosyst Serv* 36:100896. doi: 10.1016/j.ecoser.2019.100896

- Kay S, Rega C, Moreno G, et al (2019) Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. *Land use policy* 83:581–593. doi: 10.1016/j.landusepol.2019.02.025
- Lamien N, Ouédraogo SJ, Diallo OB, Guinko S (2004) Productivité fruitière du karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. C. F., Sapotaceae) dans les parcs agroforestiers traditionnels au Burkina Faso. *Fruits* 59:423–429. doi: 10.1051/fruits:2005004
- Lorenz K, Lal R (2014) Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. *Agron Sustain Dev* 34:443–454. doi: 10.1007/s13593-014-0212-y
- Mbow C, Smith P, Skole D, et al (2014) Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Curr Opin Environ Sustain* 6:8–14. doi: 10.1016/j.cosust.2013.09.002
- Middendorp RS, Vanacker V, Lambin EF (2018) Impacts of shaded agroforestry management on carbon sequestration, biodiversity and farmers income in cocoa production landscapes. *Landsc Ecol* 33:1953–1974. doi: 10.1007/s10980-018-0714-0
- Nadège MT, Louis Z, Cédric CD, et al (2018) Carbon storage potential of cacao agroforestry systems of different age and management intensity. *Clim Dev* 1–12. doi: 10.1080/17565529.2018.1456895
- Sileshi G, Akinnifesi FK, Ajayi OC, et al (2007) Contributions of agroforestry to ecosystem services in the Miombo eco-region of eastern and southern Africa. *African J Environ Sci Technol* 1:68–80.
- Sileshi G, Matakala PW, Akinnifesi FK, Ajayi OC (2007) Environmental Services of Agroforestry in Southern Africa: Lessons, Challenges and Future Directions. Lilongwe, Malawi
- Somarriba E, Cerda R, Orozco L, et al (2013) Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. *Agric Ecosyst Environ* 173:46–57. doi: 10.1016/j.agee.2013.04.013
- Tumwebaze SB, Byakagaba P (2016) Soil organic carbon stocks under coffee agroforestry systems and coffee monoculture in Uganda. *Agric Ecosyst Environ* 216:188–193. doi: 10.1016/j.agee.2015.09.037

6.2. Culture biologique

- Connor DJ (2013) Organically grown crops do not a cropping system make and nor can organic agriculture nearly feed the world. *F Crop Res* 144:145–147. doi: 10.1016/j.fcr.2012.12.013
- de Araújo Barbosa Borges L, Ramos MLG, Fernandes PM, et al (2018) Organic cultivation of sugarcane restores soil organic carbon and nitrogen. *Org Agric*. doi: 10.1007/s13165-018-0234-x
- Knapp S, van der Heijden MGA (2018) A global meta-analysis of yield stability in organic and conservation agriculture. *Nat Commun* 9:1–9. doi: 10.1038/s41467-018-05956-1
- Knudsen MT, Hermansen JE, Cederberg C, et al (2017) Characterization factors for land use impacts on biodiversity in life cycle assessment based on direct measures of plant species richness in European farmland in the ‘Temperate Broadleaf and Mixed Forest’ biome. *Sci Total Environ* 580:358–366. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.172
- Knudsen MT, Dorca-Preda T, Djomo SN, et al (2019) The importance of including soil carbon changes, ecotoxicity and biodiversity impacts in environmental life cycle assessments of organic and conventional milk in Western Europe. *J Clean Prod* 215:433–443. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.12.273
- Lechenet M, Dessaint F, Py G, et al (2017) Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms. *Nat Plants* 3:17008. doi: 10.1038/nplants.2017.8

- Lorenz H, Reinsch T, Hess S, Taube F (2019) Is low-input dairy farming more climate friendly? A meta-analysis of the carbon footprints of different production systems. *J Clean Prod* 211:161–170. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.113
- Meier MS, Stoessel F, Jungbluth N, et al (2015) Environmental impacts of organic and conventional agricultural products – Are the differences captured by life cycle assessment? *J Environ Manage* 149:193–208. doi: 10.1016/j.jenvman.2014.10.006
- Muller A, Schader C, El-Hage Scialabba N, et al (2017) Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nat Commun* 8:1290. doi: 10.1038/s41467-017-01410-w
- Oldfield EE, Bradford MA, Wood SA (2019) Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields. *SOIL* 5:15–32. doi: 10.5194/soil-5-15-2019
- Pirlo G, Lolli S (2019) Environmental impact of milk production from samples of organic and conventional farms in Lombardy (Italy). *J Clean Prod* 211:962–971. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.070
- Ponisio LC, M’Gonigle LK, Mace KC, et al (2014) Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proc R Soc B*. doi: 10.1098/rspb.2014.1396
- Ribal J, Ramírez-Sanz C, Estruch V, et al (2017) Organic versus conventional citrus. Impact assessment and variability analysis in the Comunitat Valenciana (Spain). *Int J Life Cycle Assess* 22:571–586. doi: 10.1007/s11367-016-1048-2
- Sandhu HS, Wratten SD, Cullen R, Case B (2008) The future of farming: The value of ecosystem services in conventional and organic arable land. An experimental approach. *Ecol Econ* 64:835–848. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.05.007
- Schjøning P, Jensen JL, Bruun S, et al (2018) The Role of Soil Organic Matter for Maintaining Crop Yields: Evidence for a Renewed Conceptual Basis. *Adv. Agron.* pp 35–79
- Seufert V, Ramankutty N, Foley JA (2012) Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485:229–32. doi: 10.1038/nature11069
- Smith LG, Kirk GJD, Jones PJ, Williams AG (2019) The greenhouse gas impacts of converting food production in England and Wales to organic methods. *Nat Commun* 10:4641. doi: 10.1038/s41467-019-12622-7
- Swiss National FAO Committee (2019) Agroecology as a means to achieve the Sustainable Development Goals - A discussion paper.
- van der Werf HMG, Knudsen MT, Cederberg C (2020) Towards better representation of organic agriculture in life cycle assessment. *Nat Sustain* 3:419–425. doi: 10.1038/s41893-020-0489-6
- Williams A, Hedlund K (2013) Indicators of soil ecosystem services in conventional and organic arable fields along a gradient of landscape heterogeneity in southern Sweden. *Appl Soil Ecol* 65:1–7. doi: 10.1016/j.apsoil.2012.12.019
- Wolff V, Alig M, Nemecek T, Gaillard G (2016) Ökobilanz verschiedener Fleischprodukte. Geflügel-, Schweine- und Rindfleisch. Zurich, Switzerland

7. Annexes

7.1. Données pour les sucres

Information	Produit MdM	Produit conventionnel 1	Produit conventionnel 2	Produit conventionnel 3
Culture	Sucre de canne bio, Mascobado	Sucre de canne brut brésilien conventionnel	Sucre de betteraves blanc, suisse conventionnel	Sucre de betteraves blanc, allemand conventionnel
Sucre : origine	Philippines	Brésil	Suisse	Allemagne
Type de plantation	Canne à sucre, bio	Canne à sucre, conventionnel	Betterave, conventionnel	Betterave, conventionnel
Usage d'engrais (kg N, P, K/ha.a) avant allocation	Composted mudpress application at an average of 5 tons per hectare per cropping with 0.69% N content	Selon ecoinvent 3.6	Selon ecoinvent 3.6	Selon ecoinvent 3.6
Infos supplémentaires sur les engrais si dispo	<p><i>We allow the heaps to stay in the fields to further decompose for at least 60 days after hauling from the sugar mill prior to application in the sugarcane fields or depending on the quality of the mudpress. One indicator for application is the cooling down of mudpress heaps and the growth of mushrooms in the heaps.</i></p> <p><i>The mudpress applied does not come from one sugar mill only but from other mills as well to complete the 5 ton per ha</i></p>			
Usage de pesticides (kg/ha.a) avant allocation	Aucun	Selon ecoinvent 3.6	Selon ecoinvent 3.6	Selon ecoinvent 3.6
Infos supp. sur les pesticides si dispo				
Proportion de récolte après brûlis, et proportion mécanisée	100% manuel sans brûli	Mécanisation et brûli selon les taux moyen du pays	100% mécanisé	100% mécanisé
Rendement frais par ha et par an	62.5 t/ha.a			
Lieu d'extraction	<i>Altertrade Mascobado Mill located in Bago City, Philippines. Distance of the SPO farms from the mill ranges from 25 km to 75 km</i>	Selon ecoinvent 3.6	Selon ecoinvent 3.6	Selon ecoinvent 3.6
Procédé d'extraction : énergie utilisée par kg sucre brut	<i>Voir le paragraphe "Extraction du sucre à Bago" ci-dessous.</i>	Selon ecoinvent 3.6	Selon ecoinvent 3.6	Selon ecoinvent 3.6
Quantité de sucre obtenu par 100 kg de produit frais	<i>Average of 9.4 kg Mascobado per 100 kg fresh cane.</i>	Selon ecoinvent 3.6	Selon ecoinvent 3.6	Selon ecoinvent 3.6
Purification : énergie utilisée par kg sucre raffiné	N/A (non raffiné)	N/A (non raffiné)	Selon ecoinvent 3.6	Selon ecoinvent 3.6

Distance au port et mode de transport			Non-applicable	Non-applicable
Port d'arrivée en Europe	10, 434 km distance from Manila Port (Philippines) to Rotterdam	Non-applicable	Non-applicable	Non-applicable
Distance au centre de distribution	Rotterdam to Lausanne :	Rotterdam to Lausanne :	150 km	500 km
Emballage : description	Sachet en PP 1 kg : 3 g Boîte en carton 1 kg : 38 g Boîte pour 12 cartons : 506 g (donc 42 g/kg)	Sachet en papier plastifié 1 kg : 10 g de papier et	Sachet en papier 1 kg : 10 g	Sachet en papier 1 kg : 10 g
Quantité de sucre par emballage	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg

Extraction du sucre à Bago

Les données ont été mises à jour dans le courant du projet, avec l'arrivée d'une machine Unigrator. Par souci de clarté, les données avant et après sont fournies dans le tableau ci-dessous.

- Firewood/Bagasse, Average of 0.00056261 m³/kg Mascobado
 - Diesel, Average of 0.03382 L/kg Mascobado
- Electricity: National Grid Corporation of the Philippines, Average of 0.00052352 kWh/kg Mascobado

	Before Unigrator	After Unigrator
Average Liter of diesel/ ton-mascobado	33.82	20.61
Average kWh/ton-mascobado	0.52	0.58
Average m3 of firewood and bagasse/ton-mascobado	0.56	1.26

Electricity is from the national grid (Philippines)

"First, we do not have any diesel powered machine, only diesel fueled boiler. We only uses diesel for our boiler, which generates steam for our pressurized vessel like Heater, Vacuum pan and Steam Jacketed Kettle. The new electric machines (Unigrator, Sieving Machine, Drying machine) is in replacement of manual labor. It means that on a certain process there were no machines before. The additional consumption of bagasse and firewood is brought about by our newly installed Unigrator, since we can now maximize the use of bagasse because of its improved quality."

Yes, Bagasse is consumed in addition and not firewood, as what I have explained above. But we are already using bagasse before, but lesser than what we are currently using because of its quality.

Bagasse Quality Before installation of Unigrator:



Bagasse Quality After installation of Unigrator:



7.2. Données pour les chocolats

Information	Produit MdM	Produit conventionnel
Type de chocolat	Mascao Noir 70% cacao, tablette 100 g	Noir 70% cacao, tablette 100 g
Cacao : type et origine	Trinitario, Bolivie	Forastero, Ghana / Côte d'Ivoire
Type de plantation	Agroforesterie	Monoculture
Allocation au cacao	80% (20% des impacts sont attribués aux autres produits)	100%
Rendement cacao par ha.a	450 kg/ha.a	Moyenne en Côte d'Ivoire : 557 kg/ha.a
Usage d'engrais (kg N, P, K/ha.a) avant allocation	Aucun	Selon ecoinvent, WFLDB 3.5
<i>Infos supplémentaires sur les engrais si dispo</i>	-	
Usage de pesticides (kg/ha.a) avant allocation	Aucun	Selon ecoinvent, WFLDB 3.5
<i>Infos supplémentaires sur les pesticides si dispo</i>	-	
Lieu de fermentation et séchage	Sapecho, Bolivie	Sur place, proche de la plantation
Distance au port et mode de transport	Camion, 750 km jusqu'à Ilo, Pérou	200 km, camion 16 t
Port d'arrivée en Europe	12'500 km via Panama, jusqu'à Rotterdam, Pays-Bas	7800 km en moyenne jusqu'à Rotterdam
Distance à l'usine et mode de transport	1000 km jusqu'à Kreuzlingen, Suisse. 50% par train et 50% par camion	1000 km, camion 32 t
Lieu de torréfaction et transformation	Kreuzlingen, Suisse	Divers lieux en Europe
Sucre : type et origine	Canne, Paraguay	Canne, Brésil
Lieu de production	Région de Asuncion, Paraguay	Mix brésilien selon ecoinvent
Distance au port et mode de transport	1100 km jusqu'à Paranagua, Brésil,	1000 km, camion 32 t
Port d'arrivée en Europe	10'300 km par bateau jusqu'à Rotterdam, Pays-Bas	Rotterdam par bateau
Distance à l'usine et mode de transport	1000 km jusqu'à Kreuzlingen, Suisse. 50% par train et 50% par camion	1000 km, camion 32 t
Autres ingrédients : préciser	Vanille, Madagascar	Beurre, lécithine de soja, extrait de vanille
Chocolat : recette	Fèves : 55% Beurre de cacao : 16% Sucre : 28% Vanille : 1%	Fèves : 64% Beurre de cacao : 7% Sucre : 26% Beurre : 3% Lécithine de soja : 0.1% Extrait de vanille : 0.05%
Procédés de transformation : énergie, eau, etc	Identique à conventionnel	Selon données Quantis, WFLDB
Emballage : description	Identique à conventionnel	1) feuille aluminium 4 g 2) pochette carton 10 g + 20% chutes 3) boîte carton : 0.5 kg pour 400 plaques
Procédés de production : énergie, eau, etc	Identique à conventionnel	Selon données Quantis, WFLDB