



L'AGRICULTURE ET LES SYSTÈMES ALIMENTAIRES DU MONDE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux pour les Suds

Vincent Blanfort, Julien Demenois,
Marie Hrabanski, coord.

éditions
Quæ

Chapitre 14

Palmier à huile : construire la résistance climatique

Alain Rival, Cécile Chéron-Bessou

Le palmier à huile (*Elaeis guineensis* et *oleifera*) représente encore l'archétype de la monoculture intensive développée dans les plantations pérennes. Cultivé sur 24Mha dans la ceinture intertropicale, son système d'exploitation a peu évolué depuis un siècle (Rival et Chalil, 2023). Le développement à grande échelle de cette culture, même s'il s'est sensiblement ralenti au cours de la dernière décennie (Gaveau *et al.*, 2022), suscite encore nombre de questions de recherche récurrentes concernant la durabilité de la production.

La controverse qui accompagne depuis plus de trente ans le développement du palmier à huile concerne aussi la gestion du changement climatique dans une filière très mondialisée et en pleine mutation. L'héritage colonial a ainsi façonné une géopolitique basée sur l'exploitation des ressources au Sud (plantations) et la transformation au Nord (raffinage, transformation industrielle et distribution). Ce paysage change vite : les industriels du Sud (Indonésie, Malaisie, Colombie, Thaïlande) investissent progressivement les activités de l'aval de la filière, y compris la production d'agrocarburants. La filière palmier reste liée aux échanges intercontinentaux, avec un rôle croissant dévolu aux géants asiatiques (Chine et Inde), à la fois dans la consommation d'huile brute et dans sa transformation. La raréfaction de la main-d'œuvre rurale (il manquait 20% de la force de travail disponible dans les plantations dans les années précédant la Covid-19) va contraindre la filière à des évolutions rapides, notamment en matière de mécanisation et d'automatisation.

La faible résilience climatique des systèmes de culture actuels se révèle lorsque surviennent des sécheresses extrêmes, avec des conséquences mesurables sur la productivité. En Asie du Sud-Est, les épisodes El Niño de 2015 puis de 2019 ont mis en évidence la faible résilience climatique des systèmes d'exploitation en cours, villageois comme industriels. Les sécheresses intenses ont pour conséquence directe de bloquer les échanges gazeux et la capacité photosynthétique des palmiers. Simultanément, les brouillards secs générés par les feux de forêt et l'écobuage incontrôlé viennent fortement diminuer la productivité des plantations. Le palmier à huile présente en outre la propriété de bifurquer vers une floraison mâle quand les conditions agroclimatiques deviennent défavorables, avec une incidence sur la productivité mesurable sur plusieurs années (Monzon *et al.*, 2021).

Les pertes de biodiversité liées à l'expansion des plantations au détriment des forêts tropicales ont un impact direct sur le fonctionnement des écosystèmes à l'intérieur et autour des plantations (Meijaard *et al.*, 2020). Ainsi, les plantations de palmiers à huile peuvent contribuer au changement climatique, notamment par la

déforestation, tout en étant fragilisées par les risques liés à ce changement. Ces déséquilibres dans les écosystèmes affectent non seulement la fréquence et l'intensité des précipitations auxquelles le palmier est très sensible, mais également le cortège de nuisibles (ou, au contraire, de pollinisateurs) rendant la plante plus vulnérable aux changements climatiques.

1. Situation de la filière

L'huile de palme est l'huile végétale la plus consommée au monde; la demande s'est accélérée avec l'émergence de nouveaux débouchés dans le secteur des agrocarburants, s'ajoutant aux utilisations alimentaires et oléochimiques traditionnelles (Rival et Levang, 2013). Cette forte croissance a indéniablement contribué au développement économique des principaux pays producteurs, principalement l'Indonésie et la Malaisie, qui fournissent désormais 83 % de la demande mondiale (USDA, 2023). Le secteur est une source clé de réserves de change, ainsi qu'un instrument majeur de réduction de la pauvreté et de développement économique rural (Feintrenie *et al.*, 2010; Rist *et al.*, 2010). À l'échelle mondiale, l'huile de palme fournit 40 % de la demande mondiale en huile végétale sur un peu moins de 6 % des terres utilisées pour produire toutes les huiles végétales. Pour obtenir la même quantité d'huile à partir d'autres sources comme le soja, le colza ou le tournesol, il faudrait mettre en culture entre quatre et dix fois plus de terres. Les avantages comparatifs de l'huile de palme par rapport aux huiles végétales concurrentes reposent encore sur de faibles coûts de production qui résultent structurellement de l'abondance des terres arables, de la productivité naturelle élevée de la culture et du faible coût de la main-d'œuvre (Meijaard *et al.*, 2024).

La production mondiale d'huile de palme approche aujourd'hui 80 Mt, pour une superficie totale cartographiée de 24 Mha, dont 40 % d'exploitations industrielles de palmiers à huile et 60 % de petits exploitants. Ces deux types d'exploitants ont des impacts directs bien différents sur le changement climatique. Les petits exploitants familiaux (moins de 40 ha) suivent des systèmes d'exploitation différents de ceux des grands périmètres agro-industriels, basés sur l'utilisation intensive d'intrants (engrais chimiques principalement). Les petits planteurs restent handicapés par le manque d'accès à un matériel végétal adapté et sélectionné, même si les filières semencières ont fait d'énormes progrès dans leur capacité de diffusion du progrès génétique. Les capacités d'adaptation et d'atténuation, par manque de moyens et de ressources, seront beaucoup plus faibles dans les plantations villageoises que dans les grands périmètres agro-industriels. Certaines sociétés de plantation, en Amérique latine comme en Asie du Sud-Est, ont développé des systèmes d'irrigation permettant de faire face aux sécheresses récurrentes et d'intensité plus forte.

En Afrique, la proportion de la production d'huile de palme assurée par les petits planteurs est de plus de 80 % dans la plupart des pays producteurs (Côte d'Ivoire, Cameroun, Nigeria). Ces systèmes utilisent très peu, voire pas du tout, d'intrants chimiques et reposent sur l'exploitation de matériel végétal non amélioré, conduisant à des rendements faibles et à une vulnérabilité prononcée aux événements climatiques extrêmes.

Au cours de la dernière décennie, l'Indonésie a réussi à réduire de manière remarquable la déforestation pour la production d'huile de palme. En 2018-2022, la déforestation pour l'huile de palme était de 32 406 ha/an, soit 18 % du pic atteint dix années plus tôt. Il est important de noter que la déforestation a diminué au cours d'une

période d'expansion continue de la production d'huile de palme. Les données récentes montrent une augmentation inquiétante de 18 % de la déforestation liée à l'huile de palme, bien qu'elle soit restée inférieure à celle enregistrée au cours des années précédentes. Les provinces forestières de Kalimantan ont été les plus durement touchées, représentant 72 % de l'ensemble de la déforestation liée à l'huile de palme en Indonésie pour la période 2018-2022. L'île de Sumatra a vu la déforestation pour l'huile de palme multipliée par 3,7 en 2022 par rapport à 2020.

La nouvelle législation européenne, le règlement EUDR (European Union Deforestation Regulation), interdit la vente de marchandises issues de la déforestation ou de la dégradation des forêts. Cette mesure vise à limiter l'impact environnemental des produits, notamment agricoles et forestiers, importés dans l'UE (Gilbert, 2024). En règle générale, les opérateurs (y compris les non-PME) doivent faire preuve de diligence raisonnable à l'égard de tous les produits entrant dans le champ d'application du règlement, auprès de chacun de leurs fournisseurs. Ils doivent mettre en place un système de diligence raisonnable. Les opérateurs s'approvisionnant entièrement en produits de base dans des zones classées à faible risque seront soumis à des obligations de diligence raisonnable simplifiées. Alors qu'il devait s'appliquer à la fin de l'année 2024, de nombreuses voix, en Europe comme dans les pays du Sud, ont demandé un report du règlement. En effet, la nouvelle réglementation requiert la mise en place *de novo* d'un système de traçabilité des approvisionnements, régulièrement mis à jour et appuyé par une cartographie fiable des parcelles. Sur le terrain, les principales difficultés concernent l'absence de relevés cadastraux et de titres de propriété, principalement pour les petits propriétaires exploitants indépendants. Les principaux pays producteurs, en particulier l'Indonésie et la Malaisie, ont ainsi demandé un report du règlement, jugé nécessaire à la mise en place des mesures de vérification. La Commission européenne avait proposé de reporter d'une année son entrée en vigueur, du 30 décembre 2024 au 30 décembre 2025. Le Parlement européen a ensuite voté pour créer une nouvelle catégorie de pays considérés comme « sans risque », et qui seraient exemptés de certaines obligations. Le report de la loi a été finalement publié au Journal officiel de l'UE le 23 décembre 2024, de sorte que le règlement européen sur le contrôle des exportations sera appliqué à partir du 30 décembre 2025 par les moyennes et grandes entreprises, et à partir du 30 juin 2026 par les petites et microentreprises. L'avenir du règlement EUDR sur le long terme reste donc incertain, alors qu'il concerne l'un des textes les plus importants de l'Union européenne en matière d'environnement.

L'introduction de systèmes biodiversifiés susceptibles d'offrir une meilleure résilience climatique que les plantations monospécifiques développées sur le modèle post-colonial est en cours d'expérimentation (Rival *et al.*, 2023; Zemp *et al.*, 2023; Masure *et al.*, 2023) dans plusieurs pays.

2. Les impacts du changement climatique dans le cas du palmier à huile

2.1. Impacts sur les rendements

La faible résilience climatique des systèmes de production d'huile de palme est observable dans la figure 14.1, qui montre des oscillations dans la production d'huile de palme notamment à la suite de l'épisode El Niño-Southern Oscillation (ENSO) qui s'est produit en Asie du Sud-Est en 2015.

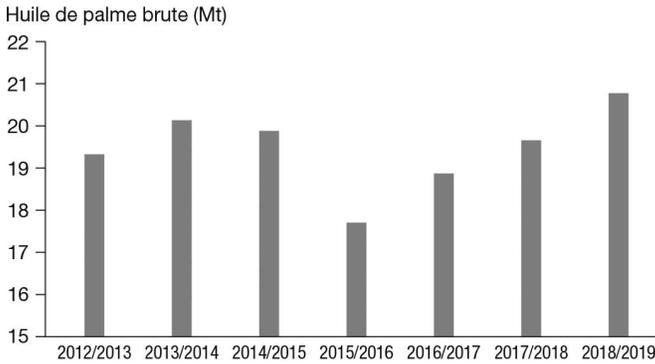


Figure 14.1. Production d'huile de palme brute en Malaisie. Source : USDA-FAS (2012-2019).

En 2015, les plantations malaisiennes ont dû faire face au double impact provoqué par la sécheresse extrême. Elles ont été affectées directement par les réponses induites par le stress hydrique, telles que les changements dans le sex-ratio qui aura des répercussions décalées dans le temps, et la baisse du développement des fruits et de la synthèse d'huile. En outre, elles ont subi indirectement l'impact des feux de brousse liés aux activités d'écobuage dans et autour des plantations, qui a limité l'activité photosynthétique des palmiers durant des mois, lorsque d'épais brouillards secs recouvraient l'ensemble de la région (Khor *et al.*, 2021).

Stiegler *et al.* (2019) ont montré que les conditions de brume mesurées durant l'épisode ENSO ont entraîné une pause complète de l'assimilation nette de carbone chez le palmier à huile, qui a duré près d'un mois et demi, et cette situation s'est révélée être à l'origine d'une baisse du rendement du palmier à huile de 35%. Le modèle développé par Stiegler *et al.* (2019) a également permis de démontrer qu'une intensification de la sécheresse pouvait diminuer significativement l'absorption nette de CO₂. Les brouillards secs très épais, lorsqu'ils sont aggravés par la sécheresse, peuvent induire des pertes conséquentes de productivité et d'absorption nette de CO₂ par les peuplements de palmiers à huile.

D'autre part, Eycott *et al.* (2019) ont émis l'hypothèse que les pertes de biodiversité liées à l'expansion des plantations de palmiers à huile aux dépens des forêts humides ont entraîné une série d'impacts mesurables sur le fonctionnement de l'écosystème à l'intérieur de la plantation de palmiers ainsi que sur la résilience de ces fonctions aux changements de régimes pluviométriques, avec un impact réel sur le rendement.

2.2. Impacts sur la pression phytosanitaire

Le dérèglement climatique affecte tous les êtres vivants, y compris les nuisibles ou les agents pathogènes des cultures. Pendant des décennies, les plantations de palmiers à huile ont été protégées grâce au confinement des agents pathogènes dans des contextes spécifiques, limités géographiquement. La sélection variétale a alors permis de développer des génotypes résistants/tolérants en réponse à ces contraintes. D'autre part, des mesures de quarantaine ont limité les risques de contamination. Le changement climatique est hautement susceptible de modifier ces cloisonnements. Si les zones de culture favorables se déplacent, les agents pathogènes suivront, tandis que les dynamiques au sein des cortèges de proies-prédateurs peuvent également être directement affectées par les dérèglements.

Le palmier à huile est historiquement sensible à deux agents pathogènes principaux, les champignons *Ganoderma* en Asie, *Fusarium* en Afrique, et la pourriture du cœur (*bud rot*) en Amérique latine, due à des cortèges variables d'agents pathogènes (Merciere *et al.*, 2017; Paterson *et al.*, 2013). Ces auteurs ont modélisé comment le changement climatique pourrait influencer l'impact de ces agents pathogènes, en simulant à la fois les effets directs sur ces derniers et les effets indirects liés au déplacement des plantations vers de nouvelles zones. Dans les zones de production actuelles, la pression est susceptible d'augmenter du fait d'une fragilité accrue des palmiers dans un contexte changeant rapidement et se détériorant dans certaines zones actuellement favorables (Paterson *et al.*, 2013; Paterson, 2019). Par ailleurs, certains agents pathogènes passent par des vecteurs tels que les insectes, dont le développement est stimulé par l'augmentation des températures, augmentant ainsi les risques parasitaires pour le palmier à huile (Paterson et Lima, 2010). Enfin, les déplacements d'humains et de leurs moyens de production, en raison des migrations climatiques, vont entraîner le déplacement des agents pathogènes, le décroisement des risques et la propagation d'agents pathogènes existants ou l'adaptation de nouveaux vecteurs. Les effets négatifs pourraient être partiellement compensés par la propagation des plantations de palmiers dans de nouvelles zones vierges de parasites — un phénomène identifié comme *parasites lost* — mais la probabilité et l'étendue de ce phénomène sont difficilement quantifiables (Paterson *et al.*, 2013).

À cause du manque de connaissances actuelles sur les cycles de développement et d'infestation des agents pathogènes et les nombreuses incertitudes sur les effets indirects du changement climatique, il est difficile de prédire les tendances globales en ce qui concerne la pression phytosanitaire. Néanmoins, il est indéniable que les incertitudes face aux risques vont fortement augmenter, réduisant d'autant les marges de manœuvre connues. Les lacunes scientifiques et agronomiques actuelles sont déjà préjudiciables pour les solutions à trouver prochainement.

3. Bilan carbone et solutions d'atténuation

L'approche mise en œuvre en analyse du cycle de vie (ACV) ou dans des calculateurs de bilan carbone basés sur l'ACV permet de quantifier l'ensemble des sources de gaz à effet de serre (GES). Divers travaux ont mis en évidence les principales sources de GES et les possibilités d'atténuation, notamment le calculateur PalmGHG basé sur les normes ACV (ISO 14040 et 14044, 2006). Ce calculateur a été développé par la RSPO (Roundtable on Sustainable Palm Oil) pour permettre aux producteurs d'huile de palme d'estimer et de surveiller leurs émissions nettes de GES et ainsi d'identifier et de contrôler les zones à risques dans leur chaîne de production (Bessou *et al.*, 2014).

La principale source de GES intervient au moment de l'implantation des palmeraies, si celles-ci sont établies après une déforestation ou un drainage de tourbières ou de marécages (Bessou *et al.*, 2014; Cooper *et al.*, 2020; Schmidt, 2010). Les facteurs d'émissions pour les forêts tourbières reconverties se situent entre 70 et 117 t eqCO₂/ha/an (intervalle de confiance [IC] de 95%), le CO₂ et le N₂O étant responsables d'environ 60% et 40% de cette valeur. Ces émissions suggèrent que la conversion des tourbières en Asie du Sud-Est contribue entre 16,6% et 27,9% du total combiné des émissions nationales de GES de la Malaisie et de l'Indonésie, soit entre 0,44 et 0,74% (IC de 95%) des émissions mondiales annuelles (Cooper *et al.*, 2020).

Par ailleurs, les plantations de palmiers à huile nécessitent des apports d'engrais qui représentent 46 % à 85 % des coûts de production et qui contribuent substantiellement aux impacts environnementaux tels que l'acidification des terres et le changement climatique. Ces apports d'engrais sont la deuxième source de GES, notamment pour les systèmes très intensifs, voire la première source lors de plantation sans déforestation et sur sols minéraux. Selon les types d'engrais minéraux et leurs origines, les étapes de production et de transport contribuent plus ou moins au bilan carbone. Mais l'essentiel des GES est lié aux émissions lors de ces apports en plantation. Les pratiques agro-écologiques permettent de réduire les intrants tout au long du cycle de culture. Durant la phase immature de la culture, une couverture temporaire du sol avec des légumineuses a pour avantages de recycler les nutriments provenant de la décomposition des stipes de la récolte précédente et d'empêcher le développement des mauvaises herbes. Ensuite, tout au long du cycle cultural, le recyclage dans les plantations de coproduits abondants et très diversifiés améliore la teneur en éléments nutritifs du sol et ses propriétés physico-chimiques et biologiques (Bessou *et al.*, 2017). Les plantations de palmiers à huile peuvent générer environ 16 t/ha/an de coproduits, en plus de la production d'huile de palme et de palmiste (environ 5 t/ha/an). Dans les grandes plantations agro-industrielles, les rafles sont le plus souvent cocompostées, notamment avec les effluents liquides produits des usines d'extraction de l'huile, augmentant ainsi la valeur nutritive et la stabilité de l'amendement tout en réduisant les coûts de transport ainsi que les impacts environnementaux du traitement des effluents (Baron *et al.*, 2019). Les résultats de l'ACV ont mis en évidence que le compostage des résidus organiques peut remplacer 10 % à 25 % des engrais synthétiques, tout en réduisant sensiblement l'impact sur le changement climatique. Malgré les grandes quantités de coproduits générées, la demande au sein ou en dehors de la chaîne de valeur peut dépasser l'offre, de sorte que les questions de concurrence et de transfert de fertilité devront être précisément étudiées pour caractériser les pratiques durables à l'échelle du paysage.

La dernière source significative de GES est les émissions de CH₄ durant le traitement en anaérobiose des effluents liquides des huileries. Des techniques de captage et de recyclage existent et se développent rapidement dans les grandes industries. À plus petite échelle, la meilleure option est de valoriser ces effluents durant le compostage qui nécessite une humidification régulière.

Les sources de GES et les leviers d'atténuation pour la production d'huile de palme sont connus. Les critères de la RSPO ont d'ailleurs été ajustés au cours des mises à jour en prenant en compte ces résultats avec, notamment, des critères beaucoup plus drastiques concernant les plantations sur tourbières et des obligations de plans de réduction des GES (RSPO, 2018). Néanmoins, à l'échelle globale, les risques demeurent soit en matière d'expansion des terres cultivées de manière non climato-intelligente pour des raisons politiques et économiques soit du fait du manque de connaissances ou d'accès à l'information concernant la qualité des sols et les apports climato-intelligents, combinant des apports organiques recyclés et le maintien d'une couverture du sol protectrice.

4. Évolution prédite de la zone de production

Les régions tropicales continuent à être explorées pour étendre la culture du palmier à huile en réponse à l'accroissement des besoins alimentaires et énergétiques (Tapia *et al.*, 2021), alors que des études de modélisation indiquent que le climat va devenir

progressivement moins propice à la culture du palmier à huile (Paterson *et al.*, 2017). Ces auteurs estiment ainsi que la proportion de surfaces inadaptées augmenterait de 6 %, tandis que les zones hautement favorables diminueraient de 22 % d'ici à 2050. Une forte diminution de l'aptitude à la culture est anticipée, avec une chute spectaculaire d'ici 2100, suggérant l'apparition de régions totalement inadaptées, bien qu'elles soient actuellement propices à la culture du palmier à huile. De nombreuses régions productrices d'Amérique latine et d'Afrique (Brésil, Colombie et Nigeria) devraient ainsi connaître une régression spectaculaire des surfaces aptes à la culture du palmier à huile. *A contrario*, d'autres régions subtropicales pourraient devenir exploitables pour le palmier à huile et intéressantes en ce qui concerne l'historique parasitaire vierge (Paterson et Lima, 2011). Selon les modélisations de la FAO et de l'IIASA, avec le modèle GAEZ v4.0 (2021), les rendements potentiels en huile de palme en 2040 diminueraient globalement avec plus de zones où les rendements diminueraient comparées à celles où les conditions permettraient une nouvelle production ou une augmentation de rendement par rapport à 2010 (figure 14.2).

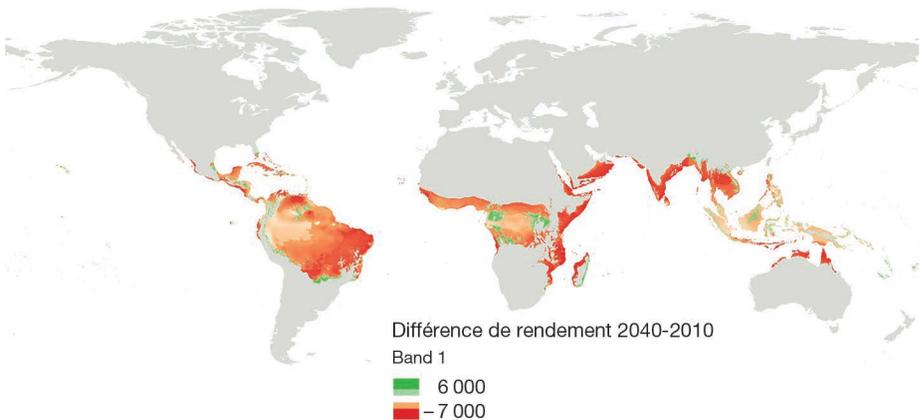


Figure 14.2. Différences de rendements potentiels en huile de palme entre 2010 et 2040. Source : Chéron-Bessou ; données FAO/IIASA, modèle GAEZ v4.0 (2021).

En kg d'huile CPO – Crude Palm Oil – par hectare, sans irrigation, haut niveau d'intrants ; le rouge signifie une baisse de rendement, le vert une hausse.

Le récent rapport du Giec (Shaw *et al.*, 2022) souligne que les pays du Sud-Est asiatique (où sont concentrés près de 90 % de la production mondiale d'huile de palme) sont régulièrement identifiés comme les plus vulnérables aux risques climatiques, avec des secteurs clés tels que l'agriculture, les villes, les infrastructures ou les écosystèmes terrestres, qui devraient être fortement exposés à de multiples aléas. En raison de leur développement rapide et de leur forte population, les pays asiatiques émettent de plus en plus de GES, même si les émissions par habitant et les émissions cumulées sont relativement plus faibles que dans les économies développées.

Le palmier à huile est une plante de domestication et d'exploitation à grande échelle relativement récentes. Son développement rapide, chez les petits planteurs comme chez les agro-industriels, a conduit (pour le palmier comme pour toutes les espèces végétales) à une réduction de la base génétique utile, principalement guidée par la rentabilité à l'hectare. La mise au point de variétés résistantes au *Fusarium* puis au

Ganoderma a encore rétréci cette base génétique, réduisant encore l'agrobiodiversité exploitable. Chez le palmier à huile, l'amélioration variétale progresse au rythme imposé par une culture pérenne de cycle long. Créer, multiplier et évaluer un nouveau cultivar va demander près de cinquante ans de recherche : l'inflexion des programmes de recherche et développement vers la résistance à la sécheresse est en cours pour encore longtemps...

5. Conclusion

Face à l'urgence des réponses à apporter pour contrer et s'adapter au changement climatique, les filières de production d'huile de palme se trouvent aujourd'hui à la croisée des chemins (Rival et Chalil, 2023; Rival et Bessou, 2023). Dans un secteur totalement mondialisé et soumis à des défis multiples, le *statu quo* n'est plus de mise : des réponses urgentes et concrètes sont nécessaires pour transformer en profondeur ces systèmes de production.

Le règlement européen sur la déforestation importée¹ entend mettre fin à l'importation de produits issus de la déforestation sur le continent tels que le cacao, le café, le soja, l'huile de palme, le bois, la viande bovine, mais aussi le caoutchouc. Le règlement sur la déforestation pourrait permettre une baisse de la déforestation globale de 10%, selon l'étude d'impact de la Commission européenne, et ferait de l'Union européenne un pionnier sur le sujet, mais les incertitudes autour de son application restent nombreuses.

Le changement climatique agit comme un révélateur des faiblesses avérées d'une filière solide, mais qui doit amorcer des mutations profondes. Face aux incertitudes croissantes liées au contexte géopolitique mondial, la transition agroécologique des systèmes de production doit être une priorité pour les scientifiques, les décideurs politiques et l'industrie du palmier à huile dans tous les pays producteurs.

6. Références bibliographiques

Baron V., Saoud M., Jupesta J., Praptantyo I.R., Admojo H.T., Bessou C., Caliman J.P., 2019. Critical parameters in the life cycle inventory of palm oil mill residues composting. *IJoLCAS*, 3(1): 19.

Bessou C., Chase L.D.C., Henson I.E., Abdul-Manan AFN., Milà I., Canals L., *et al.*, 2014. Pilot application of PalmGHG, the RSPO greenhouse gas calculator for oil palm products. *Journal of Cleaner Production*, 73, 136-145. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.008>

Bessou C., Verwilghen A., Beaudoin-Ollivier L., Marichal R., Ollivier J., *et al.*, 2017. Agroecological practices in oil palm plantations: examples from the field. *OCL*, 24(3). <https://doi.org/10.1051/o cl/2017024>

Cooper H., Evers S., Aplin P., Crout N., Dahalan M.P.B., Sjogersten S., 2020. Greenhouse gas emissions resulting from conversion of peat swamp forest to oil palm plantation. *Nat Commun*, 11, 407. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14298-w>

Eycott A.E., Advento A.D., Waters H.S., Luke S.H., Aryawan A.A.K., Hood A.S., *et al.*, 2019. Resilience of ecological functions to drought in an oil palm agroecosystem. *Environmental Research Communications*, 1(10): 101004.

FAO et IIASA, 2021. Global Agro-Ecological Zones (GAEZ v4) – Data Portal user's guide. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb5167en>.

1. <https://www.deforestationimportee.ecologie.gouv.fr/reglement-europeen-contre-la-deforestation-et-la-degradation-des-forets/article/reglement-europeen-contre-la-deforestation-et-la-degradation-des-forets>.

- Feintrenie L., Chong W.K., Levang P., 2010. Why do farmers prefer oil palm? Lessons learnt from Bungo district, Indonesia. *Small-scale forestry*, 9, 379-396.
- Gaveau D.L., Locatelli B., Salim M.A., Husnayaen, Manurung T., Descals A., *et al.*, 2022. Slowing deforestation in Indonesia follows declining oil palm expansion and lower oil prices. *PLoS one*, 17(3), p.e0266178.
- Gilbert C.L., 2024. The EU Deforestation Regulation. *EuroChoices*, 23(3), 64-70. <https://doi.org/10.1111/1746-692X.12436>
- Khor J.F., Ling L., Yusop Z., Tan W.L., Ling J.L., Soo E.Z.X., 2021. Impact of El Niño on oil palm yield in Malaysia. *Agronomy*, 11(11), 2189.
- Masure A., Martin P., Lacan X., Rafflegeau S., 2023. Promoting oil palm-based agroforestry systems: an asset for the sustainability of the sector. *Cahiers Agricultures*, 32, 16.
- Meijaard E., Brooks T.M., Carlson K.M., Slade E.M., Garcia-Ulloa J., Gaveau D.L., *et al.*, 2020. The environmental impacts of palm oil in context. *Nature plants*, 6(12), 1418-1426.
- Meijaard E., Virah-Sawmy M., Newing H.S., Ingram V., Holle M.J.M., Pasmans T., *et al.*, 2024. Exploring the future of vegetable oils. Oil crop implications – Fats, forests, forecasts, and futures. Gland, Switzerland: IUCN, and SNSB. <https://doi.org/10.2305/KFJA1910>
- Mercière M., Boulord R., Carasco-Lacombe C., Klopp C., Lee Y.-P., Tan J.-S., *et al.*, 2017. About *Ganoderma boninense* in oil palm plantations of Sumatra and peninsular Malaysia: Ancient population expansion, extensive gene flow and large-scale dispersion ability. *Fungal Biol.* 121, 529-540.
- Monzon J.P., Slingerland M.A., Rahutomo S., Agus F., Oberthür T., Andrade J.F., *et al.*, 2021. Fostering a climate-smart intensification for oil palm. *Nature Sustainability*, 4(7), 595-601.
- Paterson R.R.M., 2019. *Ganoderma boninense* Disease of Oil Palm to Significantly Reduce Production After 2050 in Sumatra if Projected Climate Change Occurs. *Microorganisms*, 7(1): 24. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7010024>
- Paterson R.R.M., Lima N., 2010. How will climate change affect mycotoxins in food? *Fd. Res. Int.* 43, 1902e1914.
- Paterson R.R.M., Lima N., 2011. Further mycotoxin effects from climate change. *Fd. Res. Int.* 44, 2555e2566.
- Paterson R.R.M., Kumar L., Shabani F., Lima N., 2017. World climate suitability projections to 2050 and 2100 for growing oil palm. *The Journal of Agricultural Science*, 155(5), 689-702.
- Paterson R.R.M., Sariah M., Lima N., 2013. How will climate change affect oil palm fungal diseases? *Crop Protection*, 46: 113-120. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.12.023>
- Rist L., Feintrenie L., Levang P., 2010. The livelihood impacts of oil palm: smallholders in Indonesia. *Biodiversity and conservation*, 19, 1009-1024.
- Rival A., 2017. Breeding the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) for climate change. *OCL*, 24 (1): D107. <https://doi.org/10.1051/ocl/2017001>
- Rival A., Ancrenaz M., Lackman I., Burhan S., Zemp C., Firdaus M., Djama M., 2023. Innovative planting designs for oil palm-based agroforestry. *Agroforestry Systems*, 99(1), p.27.
- Rival A., Bessou C., 2023. Climate change is challenging oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) production systems. In: Abul-Soad A.A., Al-Khayri J.M., (eds.), *Cultivation for enhanced climate change resilience. Volume 1: Tropical fruit trees*. CRC Press, 109-126.
- Rival A., Chalil D., 2023. Oil palm plantation systems at a crossroad. *OCL*. 30, 28. <https://doi.org/10.1051/ocl/2023029>
- Rival A., Levang P., 2013. *La palme des controverses : palmier à huile et enjeux de développement*. Versailles, éditions Quæ.
- RSPO, 2018. Principles and Criteria For the Production of Sustainable Palm Oil, Endorsed by the RSPO Board of Governors and adopted at the 15th Annual General Assembly by RSPO Members on 15 November, 2018
- Schmidt J.H., 2010. Comparative life cycle assessment of rapeseed oil and palm oil. *Int J Life Cycle Assess* 15(2): 183–197. <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0142-0>

Partie 2. Les systèmes agricoles et alimentaires, et le secteur des terres

Shaw R., Luo Y., Cheong T.S., Abdul Halim S., Chaturvedi M., Hashizume G.E., *et al.*, 2022: Asia. *In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, 1457-1579. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.012>

Stiegler C., Meijide A., Fan Y., Ashween Ali A., June T., Knohl A., 2019. El Nino Southern Southern Oscillation (ENSO) event reduces CO₂ uptake of an Indonesian oil palm plantation. *Biogeosciences*, 16(14): 2873-2890.

Tapia J.F.D., Doliente S.S., Samsatli S., 2021. How much land is available for sustainable palm oil? *Land Use Policy*, 102, 105187.

USDA - United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home>

Zemp D.C., Guerrero-Ramirez N., Brambach F., Darras K., Grass I., Potapov A., *et al.*, 2023. Tree islands enhance biodiversity and functioning in oil palm landscapes. *Nature*, 618, 316-321. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06086-5>