



ORGANISATION DES NATIONS UNIES  
POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

 **OBJECTIFS  
DE DÉVELOPPEMENT  
DURABLE**



# OUVRIR L'ÉCONOMIE DU BIOÉTHANOL

UNE VOIE VERS UN DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL INCLUSIF  
ET DURABLE DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT







ORGANISATION DES NATIONS UNIES  
POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

# Ouvrir l'économie du bioéthanol

Une voie vers un développement industriel inclusif  
et durable dans les pays en développement



Cette étude se fonde sur un document de travail intitulé : “*L’implantation d’industries de l’éthanol dans les pays en développement - Opportunités et défis pour atteindre un développement industriel inclusif et durable*”, produite pour la réunion du groupe d’experts autour de “*La cuisson propre : Potentiel des industries du bioéthanol dans les pays à fort impact*”, qui a eu lieu en juin 2021.

**LES AUTEURS DE CETTE ÉTUDE SONT :** Dina Bacovsky et Doris Matschegg de la société BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH ; et Rainer Janssen, Dominik Rutz et Benedetta Di Costanzo du WIP Renewable Energies.

**REMERCIEMENTS :** Le rapport “*L’implantation d’industries de l’éthanol dans les pays en développement*” a grandement bénéficié des précieux entretiens, commentaires et suggestions de Harry Stokes (Project Gaia), Wubshet T. Tsehayu (Projet Gaia), Luis Augusto Horta Nogueira (Université d’Itajuba, Brésil), Sunil Kumar (Ministère du Pétrole et du Gaz Naturel, Gouvernement indien), Thelma Venichand (Zoe Enterprises, Mozambique) et Arunratt Wuttimongkolchai et Saranya Peng-Ont (PTT PLC, Thaïlande). Sauf quand elles ont été produites par les auteurs de l’étude, les sources des figures et schémas sont indiquées tout au long du document.

**COORDINATION :** Jossy Thomas, Chargé du Développement Industriel ; Kolade Esan, coordinateur de projet ; et Grazia Chidi Aghaizu, assistante de projet du Département de l’énergie de l’ONUDI.

Nous remercions tout particulièrement Tareq Emtairah (Directeur du Département de l’énergie) et Petra Schwager (Chef de la Division des technologies énergétiques et des applications industrielles (ETI)), pour leurs commentaires perspicaces et leurs précieuses contributions et suggestions tout au long du projet.

Edition : Thomas Crawley et Cristina Bonnet  
Traduit de l’anglais par Étienne Helmer et Anne Thibault  
Conception graphique : Dominik Hruza



ORGANISATION DES NATIONS UNIES  
POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

© ONUDI, Avril 2022. Tous droits réservés.

Ce document a été produit sans avoir été officiellement édité par les Nations Unies. Les termes employés et la présentation du matériel dans ce document n’impliquent pas l’expression d’une quelconque opinion de la part du Secrétariat de l’Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) concernant le statut juridique de tout pays, territoire, ville ou zone, ou de ses autorités, ou concernant la délimitation des frontières ou son système économique ou son degré de développement. Les désignations telles que “développé”, “industrialisé” ou “en développement” sont employées à des fins de commodité statistique et n’expriment pas nécessairement un jugement sur l’état atteint par un pays ou une région particulière au cours de son histoire. La mention de noms de sociétés ou de produits commerciaux ne constitue pas une approbation de la part de l’ONU.

# Sommaire

Préface : Pourquoi le bioéthanol ? .....	7
<b>1 Introduction et contexte</b> .....	<b>9</b>
– Le bioéthanol : une alternative écologique pour le transport et la cuisson propre	
– Une série d'avantages pour les pays en développement	
– Le bioéthanol au Brésil	
– Cadre pour le développement d'une industrie du bioéthanol	
<b>2 Impacts socio-économiques positifs</b> .....	<b>25</b>
– Les objectifs mondiaux	
– Intégration du bioéthanol comme carburant pour les transports	
– La cuisson à l'éthanol : plus propre et plus écologique	
– Création de valeur ajoutée : de la terre au réservoir de carburant	
– La production de denrées alimentaires et celle de carburant peuvent être synergiques	
– Garantir des impacts positifs sur l'utilisation des sols	
– Avantages macroéconomiques quantifiables	
<b>3 Les marchés du bioéthanol dans les pays en développement</b> .....	<b>43</b>
– Potentiel de croissance du bioéthanol comme carburant pour les transports	
– Des cuisinières au bioéthanol pour protéger la santé et réduire les émissions de carbone	
<b>4 Études de cas par pays</b> .....	<b>55</b>
– Brésil : coupler la production de sucre et de bioéthanol	
– Inde : relever les défis dans un pays très peuplé	
– Thaïlande : le bioéthanol pour soutenir les engagements climatiques	
– Mozambique : des cadres politiques pour préserver la durabilité	
<b>5 Les défis du déploiement</b> .....	<b>73</b>
<b>6 Conclusions et recommandations</b> .....	<b>77</b>
Comment développer une industrie du bioéthanol	
<b>Annexe : aspects techniques et avantages des utilisations de l'éthanol</b> .....	<b>81</b>
– Processus de production du bioéthanol	
– Mélanges à faible teneur en bioéthanol pour les parcs de véhicules existants	
– Les réchauds au bioéthanol : propres et pratiques	
Références .....	88

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1 :</b> Production mondiale de biocarburants (World Bioenergy Association, 2020).	11
<b>Figure 2 :</b> Mandats mondiaux pour les biocarburants en 2019/2020.12	
<b>Figure 3 :</b> Faire évoluer la demande énergétique dans le secteur des transports (IRENA, 2018).	14
<b>Figure 4 :</b> Avantages du bioéthanol comme source d'énergie renouvelable pour le transport et la cuisson propre.	16
<b>Figure 5 :</b> Les 20 pays les plus pauvres n'ayant pas accès aux carburants et technologies propres (Organisation mondiale de la Santé).	17
<b>Figure 6 :</b> Les 20 pays où le pourcentage de la population ayant accès à des combustibles propres est le plus faible (Organisation mondiale de la Santé).	17
<b>Figure 7 :</b> La dépendance du Brésil aux importations d'énergie (EPE, 2012).	19
<b>Figure 8 :</b> Instauration d'un cadre gouvernemental propice à l'industrie du bioéthanol.	24
<b>Figure 9 :</b> Réduction potentielle des émissions de GES grâce au mélange d'éthanol dans l'essence.	29
<b>Figure 10 :</b> Émissions de PM <sub>2,5</sub> provenant des fourneaux de cuisson en lien avec les risques de pneumonie infantile (USAID/TRAction et Alliance mondiale pour les foyers de cuisson propres, 2016).	30
<b>Figure 11 :</b> Système intégré de production énergétique et alimentaire qui prévoit un mode d'approvisionnement alimentaire durable et sûr dans les pays à PIB élevé et faible (FAO, 2011).	34

<b>Figure 12 :</b> Production d'éthanol destiné aux transports dans les pays phares en 2019 (REN21, 2020).	45
<b>Figure 13 :</b> Impacts potentiels de l'introduction de l'E10 dans certains pays d'Afrique (estimations approximatives).	46
<b>Figure 14 :</b> Impacts potentiels de l'introduction de l'E10 dans certains pays d'Asie (estimations approximatives).	47
<b>Figure 15 :</b> Les 20 pays manquant le plus d'accès à la cuisson propre, entre 2014 et 2018. (AIE, IRENA, UNSD, Banque Mondiale, OMS, 2020).	49
<b>Figure 16 :</b> Utilisation de bioéthanol et de biogazole en 2030 (IRENA, 2015).	50
<b>Figure 17 :</b> Comparaison du pourcentage de personnes utilisant chaque type de combustible dans les pays à faibles et moyens revenus en 2000, 2010 et 2018 (AIE, IRENA, UNSD, Banque Mondiale, OMS, 2020).	51
<b>Figure 18 :</b> Accès à l'électricité et à la cuisson propre en Inde.	62
<b>Figure 19 :</b> Réchaud à l'éthanol en fonctionnement à Namrup, Inde (Projet Gaia).	62
<b>Figure 20 :</b> Évolution de la consommation d'essence et d'éthanol en Thaïlande en millions de litres par an.	66
<b>Figure 21 :</b> Évolution de la production d'éthanol en Thaïlande (millions de litres).	66
<b>Figure 22 :</b> Magasin NDZilo vendant des réchauds au bioéthanol et du bioéthanol à Maputo (Projet Gaia).	71
<b>Figure 23 :</b> Processus simplifié de production d'éthanol à partir de canne à sucre.	76
<b>Figure 24 :</b> Processus simplifié de production d'éthanol à base de manioc.	76

<b>Figure 25 :</b> Processus simplifié de production d'éthanol à base de maïs.	77
<b>Figure 26 :</b> Rendements des biocarburants (FAO, 2008).	77
<b>Figure 27 :</b> Procédé de fabrication d'éthanol de manioc pour la cuisson.	79
<b>Figure 28 :</b> CleanCook NOVA 2 en action en Afrique (Projet Gaia).	80

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 :</b> Avantages socio-économiques de l'éthanol employé comme carburant au Brésil	20
<b>Tableau 2 :</b> Impacts potentiels de l'introduction de l'E10 dans certains pays d'Afrique (estimations approximatives)	39
<b>Tableau 3 :</b> Impacts potentiels de l'introduction de l'E10 dans certains pays d'Asie (estimations approximatives)	41
<b>Tableau 4 :</b> Consommation de bioéthanol comme combustible liquide pour la cuisson.	48
<b>Tableau 5 :</b> Obstacles et solutions à la transition vers une cuisson propre au niveau mondial	52
<b>Tableau 6 :</b> Création d'un environnement favorable à un meilleur accès à l'énergie (ESCAP, 2021).	49–50
<b>Tableau 7 :</b> Stratégies pour surmonter les défis liés à la production de matières	73
<b>Tableau 8 :</b> Stratégies pour surmonter les défis liés à la production d'éthanol	74
<b>Tableau 9 :</b> Stratégies pour surmonter les défis liés à la consommation d'éthanol	75
<b>Tableau 10 :</b> Stratégies pour surmonter les problèmes du marché	76

# Préface : Pourquoi le bioéthanol ?

---

Le bioéthanol est une source d'énergie renouvelable qui a un rôle crucial à jouer dans le renforcement de la durabilité économique et environnementale des pays en développement. Comme l'explique cette publication, l'économie de l'éthanol peut potentiellement réduire la pauvreté rurale, augmenter la productivité agricole, stimuler la croissance économique locale et nationale, créer des emplois, sauver des vies grâce à une cuisson propre et durable pour les ménages, promouvoir l'égalité et réduire significativement les émissions de gaz à effet de serre.

En tant que combustible propre, l'éthanol peut remplacer en totalité ou en partie les combustibles fossiles pour les véhicules et la cuisson domestique. Il s'agit d'un biocarburant fabriqué à partir de cultures telles que la canne à sucre, le maïs et le manioc.

Développer une industrie et une chaîne de valeur du bioéthanol en s'appuyant sur un secteur agricole et des agro-industries dynamiques dans les pays en développement, les pays les moins avancés et les petits pays insulaires, peut apporter de profonds changements. En effet ce développement est en mesure d'entraîner une plus grande autonomie, une plus grande sécurité énergétique, ainsi qu'un renforcement de l'autonomie économique. Il permet ainsi de contribuer aux ODD 7, 9 et 13, tout en aidant les pays à atteindre leurs engagements nationaux.

Cette publication fournit un aperçu détaillé du potentiel, des défis et des avantages de la mise en place d'une industrie et de marchés du bioéthanol. Elle présente des recherches, des études de cas et les enseignements qui en sont tirés afin d'offrir des recommandations en vue de développer l'économie du bioéthanol et aider les pays à devenir indépendants sur le plan énergétique, à améliorer leur niveau de vie et à apporter leur contribution à l'action climatique.

# Liste des abréviations

---

**ACV** - Analyse du cycle de vie

**AIE** - Agence internationale de l'énergie

**CDN** - Contributions déterminées au niveau national

**dLUC** - Changement direct d'affectation des terres

**E5** - Mélange d'essence avec 5% d'éthanol

**E10** - Mélange d'essence avec 10% d'éthanol

**E20** - Mélange d'essence avec 20% d'éthanol

**E85** - Mélange d'essence avec 85% d'éthanol

**E100** - Éthanol hydraté (environ 96% d'éthanol, 4-5% d'eau)

**eq CO<sub>2</sub>** - Équivalent dioxyde de carbone

**EMD** - Micro-distillerie d'éthanol

**FAO** - Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

**forex** - Marché des changes

**GES** - Gaz à effet de serre

**GPL** - Gaz de pétrole liquéfié

**ha** - Hectare

**ILUC** - Changement indirect d'affectation des terres

**IRENA** - L'Agence internationale pour les énergies renouvelables

**l** - Litre

**LUC** - Affectation des terres

**M** - Million

**Mrd** - Milliard

**ODD** - Objectifs de développement durable

**OMS** - Organisation mondiale de la Santé

**ONUDI** - Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel

**PIB** - Produit intérieur brut

**PM** - Particules en suspension

**PME** - Petite ou moyenne entreprise

**VCM** - Véhicule polycarburant dit aussi flexfuel

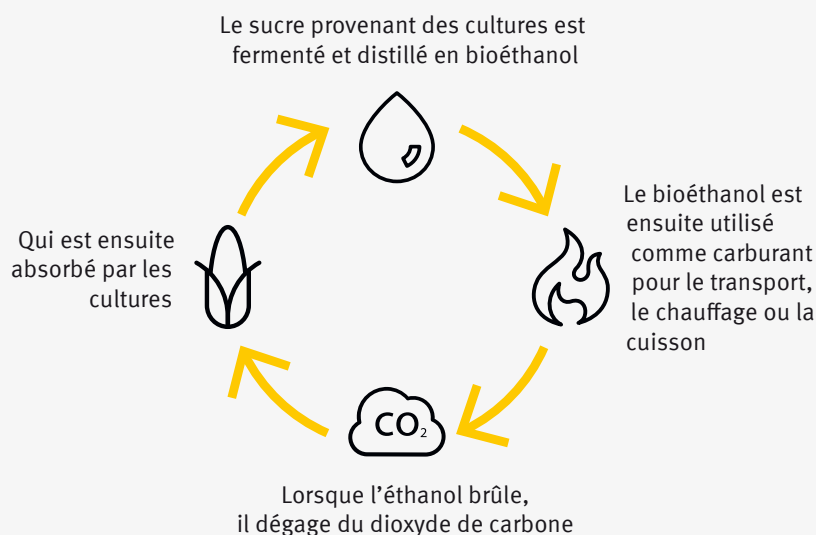


# Introduction et contexte

---



# Le bioéthanol : une alternative écologique pour le transport et la cuisson propre



Le bioéthanol - ou simplement "éthanol" - est une source d'énergie renouvelable obtenue par la fermentation et la distillation des composants de sucre et d'amidon de matière organique, principalement la canne à sucre, la pomme de terre et les cultures comme le maïs. En fonction des structures agricoles du pays producteur, il peut également être fabriqué à partir de farine de manioc, de lait, de céréales, de riz, de bananes, de raisins ou même de dattes.

Aujourd'hui, l'éthanol a de nombreuses utilisations : il améliore la durabilité dans le secteur des transports grâce aux mélanges éthanol-essence pour les véhicules ; il constitue une alternative propre aux techniques de cuisson traditionnelles, réduisant ainsi la pollution intérieure ; il est également utilisé dans les secteurs de la médecine, des cosmétiques et de l'alimentation.

## Un carburant durable et propre

Lorsqu'il est brûlé, l'éthanol produit de la chaleur (pour cuire les aliments ou faire fonctionner le moteur à combustion interne d'une voiture), de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone ( $CO_2$ ). Le  $CO_2$  émis peut être réabsorbé par les plantes, qui l'utilisent dans la photosynthèse pour se développer. Cela fait du bioéthanol un carburant neutre en carbone puisque les plantes cultivées pour produire plus d'éthanol recyclent les émissions de carbone.

## Avantages économiques, sociaux et environnementaux

Lorsqu'il est utilisé comme combustible de cuisson propre, l'éthanol élimine les problèmes de santé associés aux poêles à biomasse traditionnels, qui vont du risque de pneumonie chez les enfants au risque accru d'accident vasculaire cérébral et de maladie cardiaque chez les adultes. Il soulage également les femmes des nombreuses heures passées à se procurer du bois, et contribue à prévenir la déforestation (voir plus de détails sur ces avantages ci-dessous, ainsi qu'au Chapitre 2 : Impacts socio-économiques positifs).

L'utilisation d'éthanol comme composant de mélange dans l'essence fossile améliore les performances de combustion de l'essence et réduit le cycle de vie des émissions de gaz à effet de serre produites par le secteur du transport. En coopération avec le secteur agricole, la production nationale de bioéthanol peut être stimulée pour créer une plus grande autonomie énergétique, générer des économies de devises grâce à la réduction des importations de pétrole, et renforcer l'économie nationale (et le secteur agricole en particulier).

## Contexte : production et utilisation mondiales du bioéthanol

Le bioéthanol est déjà produit à grande échelle, avec des industries bien établies au Brésil, au Canada, en Chine, dans l'Union européenne, en Inde, en Thaïlande et aux États-Unis. La production mondiale a augmenté de manière significative entre 2000 et 2015 et continue de croître, sous l'effet d'une demande croissante d'éthanol comme composant de mélange dans le secteur des transports. Si le marché actuel de l'éthanol en tant que carburant pour le transport est beaucoup plus important que celui de l'éthanol pour la cuisson, la part de marché de l'éthanol en tant que combustible pour la cuisson augmente également et présente un fort potentiel pour l'avenir, en Asie et en Afrique subsaharienne en particulier.

L'industrie actuelle de l'éthanol a commencé dans les années 1970, lorsque le carburant à base de pétrole est devenu cher et que les préoccupations environnementales ont fait leur apparition. En raison de sa facilité à être transformé en alcool, le maïs est devenu la principale matière première pour la production d'éthanol, suivi par la canne à sucre. Les agriculteurs ont commencé à produire du bioéthanol pour valoriser leur maïs. La demande d'éthanol a augmenté de façon spectaculaire et continue de croître.

La production mondiale d'éthanol s'est élevée à 98,4 milliards de litres en 2018. Plus de la moitié de cette quantité a été produite aux États-Unis dans ses quelques 200 usines de production d'éthanol (principalement à base de maïs). Le deuxième acteur le plus important a été le Brésil, qui a produit environ un quart de l'éthanol mondial dans près de 400 usines (principalement à

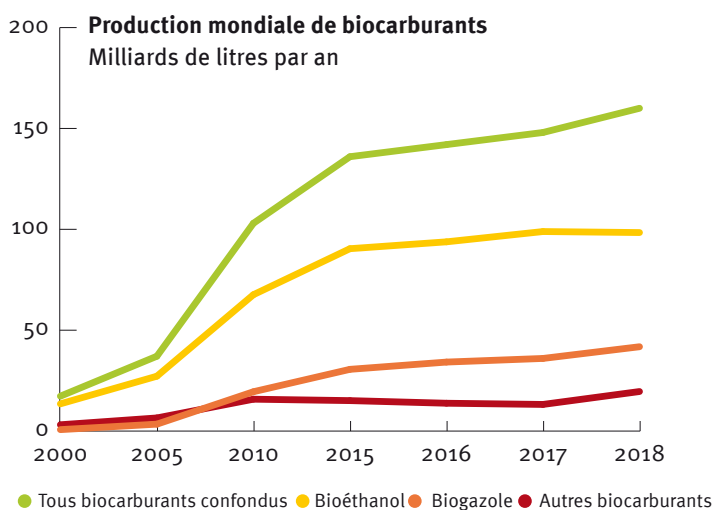
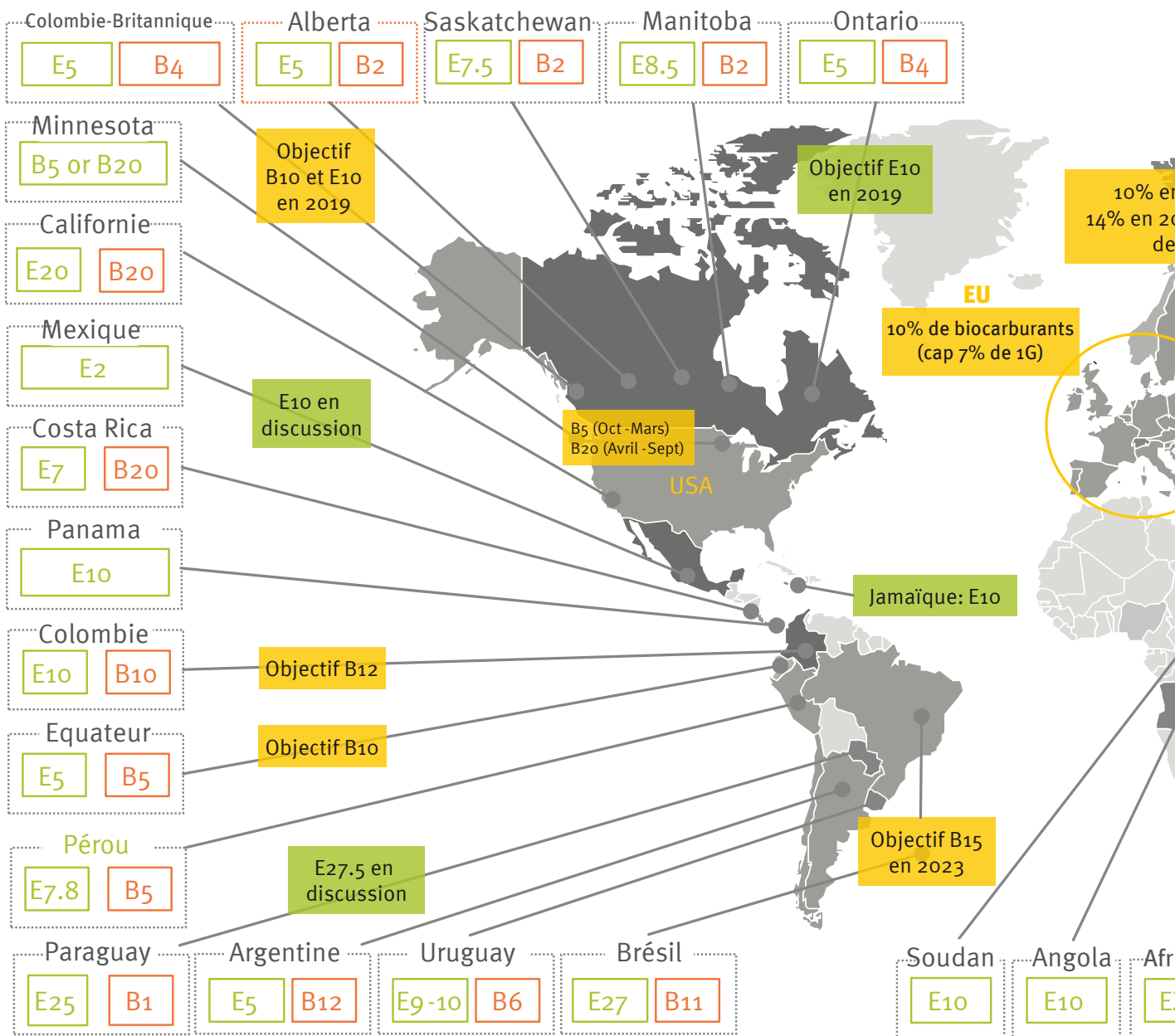


Figure 1 : Production mondiale de biocarburants (World Bioenergy Association, 2020). (page number)

partir de la canne à sucre). Ensemble, le Brésil et les États-Unis représentent 85% de la production mondiale d'éthanol. Environ 5 % de l'éthanol a été produit dans l'UE, qui compte une cinquantaine d'usines de production d'éthanol (principalement à partir du blé, de la betterave à sucre et du maïs). Au niveau mondial, environ 46% de l'éthanol a été produit à partir du maïs, suivi par la canne à sucre à 38% et le blé à 5%. La Figure 1 montre la production mondiale de biocarburants depuis 2000, et la contribution majeure apportée par l'éthanol.

Figure 2 : Mandats mondiaux pour les biocarburants en 2019/2020<sup>1</sup>



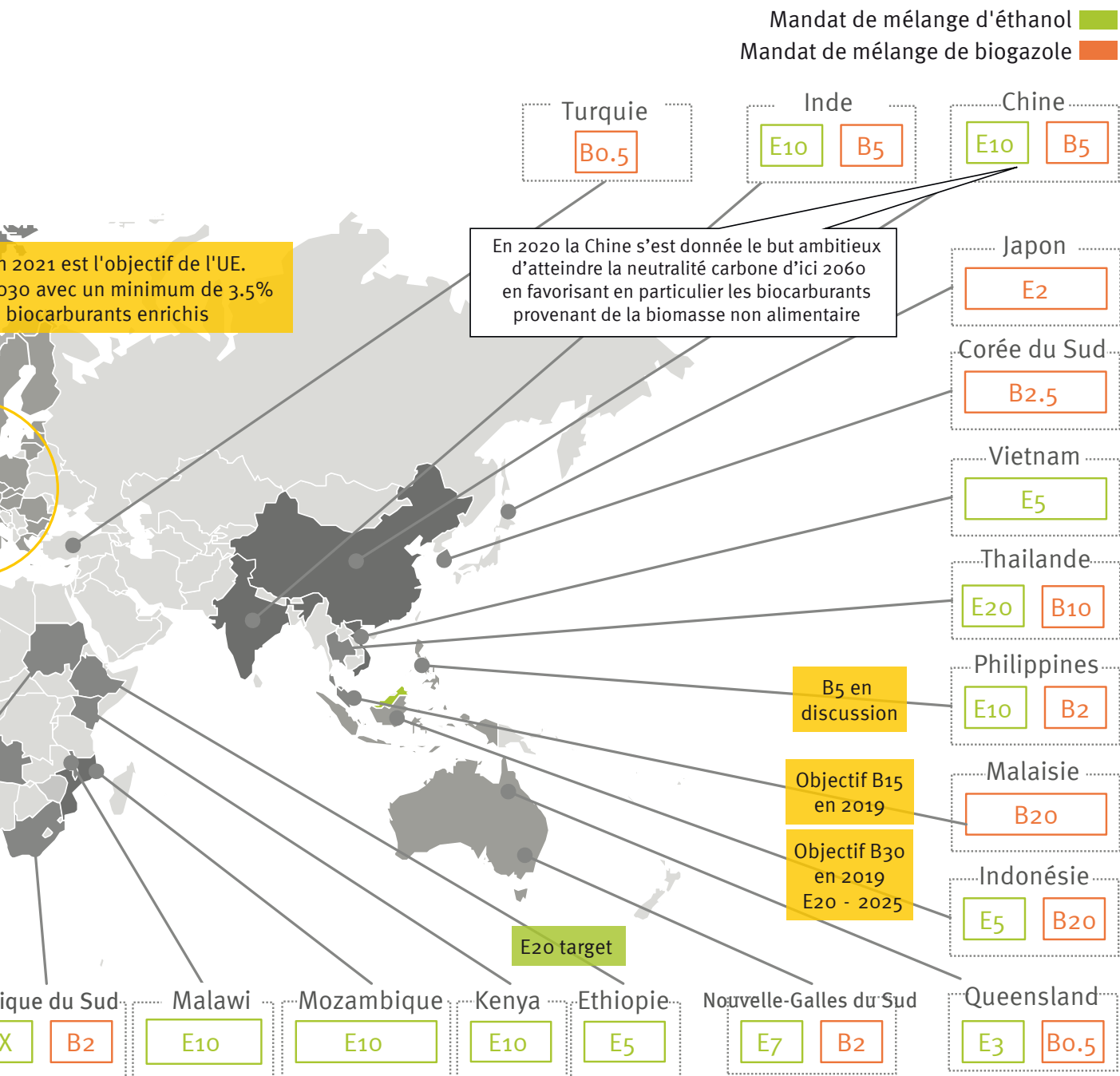
Source : Analyse Greenea, sites gouvernementaux

Note: Il est à noter que la plupart des pays producteurs de pétrole - notamment les membres de l'OPEP - ont des mandats pour les biocarburants.

## L'ÉTHANOL COMME CARBURANT POUR LES TRANSPORTS

La majorité de la production de biocarburants est déterminée par des mesures politiques, principalement par des réglementations qui rendent obligatoire le mélange d'éthanol à de faibles niveaux dans l'essence, à l'échelle nationale ou régionale. Ces obligations de mélange de biocarburants sont la politique la plus largement adoptée pour accroître l'utilisation des carburants renouvelables dans le secteur des transports. Ils sont répandus sur tous les continents et en place dans plus de 70 pays (voir Figure 2), bien qu'ils ne soient pas toujours appliqués (REN21, 2020).

1. <http://www.greenea.com/wp-content/uploads/2021/01/Greenea-Horizon-2030-Which-investments-will-see-the-light-in-the-biofuel-industry-1.pdf>



sources de l'OPEP - n'ont pas encore établi de mandat pour les biocarburants.

**Les incitations fiscales, par exemple la réduction des taxes sur les carburants et certains véhicules, jouent un rôle important dans l'augmentation de la compétitivité des biocarburants par rapport aux carburants fossiles.** Les défis posés par les spécificités du marché doivent être pris en compte, comme le contexte d'investissement et la garantie de la pérennité de la production d'éthanol. Une planification soignée de la mise en œuvre de l'éthanol, avec une assistance technique si nécessaire, permet d'éviter les impacts négatifs sur le développement durable, tels que les changements indirects dans l'utilisation des sols. Voir le Chapitre 2 : Impacts socio-économiques positifs pour une analyse plus approfondie de ces questions, ainsi que le Chapitre 6 : Conclusions et recommandations.

**La production et la consommation d'éthanol en Afrique sont encore à un faible niveau, mais elles sont en augmentation.** Au Kenya, la compagnie pétrolière d'État a signé un accord avec le gouvernement pour la construction d'une nouvelle usine d'éthanol afin de respecter les exigences de mélange de biocarburants. En Zambie, Sunbird Bioenergy Africa<sup>2</sup> a lancé un programme visant à développer une structure d'approvisionnement durable en manioc destiné à la production d'éthanol afin de fournir 20% (100 millions de litres) des besoins en essence du pays (REN21, 2020). En outre, le Malawi tente d'atteindre un objectif de 20% de mélange de carburants.

**En 2015, la part mondiale des énergies renouvelables dans le secteur des transports s'élevait à 4%.** L'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA) prévoit une augmentation de 22% d'ici 2050 (cf. Figure 3). Dans la mesure où la croissance du nombre de véhicules et de leur utilisation au cours de cette période sera la plus forte dans les pays en développement, la production et la commercialisation des biocarburants doivent se concentrer sur ces pays en particulier.

Consommation énergétique finale dans le secteur des transports (Pétajoules, PJ)

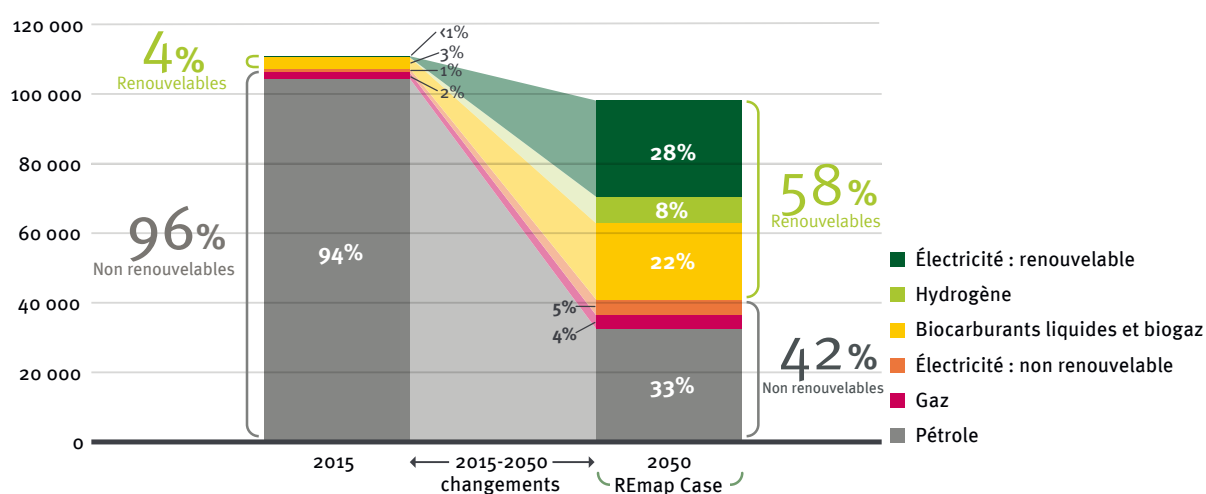


Figure 3 : Faire évoluer la demande énergétique dans le secteur des transports (IRENA, 2018).

## LE BIOÉTHANOL COMME COMBUSTIBLE DE CUISSON

Environ 60% de la population mondiale, soit plus de 4,35 milliards de personnes, a accès à des technologies et à des combustibles de cuisson propres (principalement le gaz naturel, le gaz de pétrole liquéfié (GPL) et l'électricité), les pourcentages les plus élevés étant enregistrés en Amérique du Nord, en Europe et en Australie (ESMAP, 2018). Bien que des millions de personnes aient eu accès à des installations de cuisson propres ces dernières années (notamment plus de 450 millions en Inde et en Chine depuis 2010), les progrès dans le passage des combustibles traditionnels à des combustibles propres restent inégaux selon les régions et sont souvent dépassés par la croissance démographique. En 2018, 63,1% des personnes n'ayant pas accès à une énergie de cuisson propre vivaient dans les pays en développement d'Asie, et 34,1% vivaient en Afrique subsaharienne (REN21, 2020).

Conformément aux normes établies par les Recommandations de l'Organisation mondiale de la Santé relatives à la qualité de l'air intérieur, et qui concernent la combustion domestique (OMS, 2014), les options actuellement disponibles et non-polluantes comprennent l'électricité, le gaz (gaz naturel, biogaz et GPL), l'éthanol, le solaire et les poêles à biomasse performants. En parallèle, les Recommandations déconseillent l'utilisation par les ménages de combustibles solides, tels que

<sup>2</sup> <https://www.sunbirdbioenergy.com/projects/zambia-kawambwa/>

le bois, le charbon de bois et le charbon non transformé, en raison des risques sanitaires importants que présentent ces combustibles. Malgré cela, les dernières données (2019) montrent que 2,6 milliards de personnes dans le monde n'ont toujours pas accès à la cuisson propre (IRENA, 2021). Bien que l'éthanol, un combustible liquide propre et produit de manière durable, soit encore un combustible de niche pour la cuisson propre dans les pays en développement, sa part de marché augmente et son potentiel pour l'avenir est considérable (pour plus de détails, voir le Chapitre 3 : Les marchés du bioéthanol dans les pays en développement). L'éthanol est l'un des combustibles domestiques les plus propres lorsqu'il est brûlé dans des appareils de cuisson appropriés (Puzzolo et Pope, 2017).

### **Les principaux moteurs de la production d'éthanol**

Les moteurs mondiaux de la production et de l'utilisation de l'éthanol ont varié au fil des ans. Dans un premier temps, en raison de son indice d'octane plus élevé, l'éthanol a remplacé le plomb tétraéthyle dans l'essence. Puis, à la suite de la crise pétrolière qui a débuté en 1973, l'éthanol a commencé à remplacer les approvisionnements en essence qui devenaient plus limités. Plus récemment, les préoccupations environnementales et la volonté de réduire la pollution de l'air intérieur sont devenues des facteurs importants, ainsi que la nécessité de limiter les impacts du changement climatique par la réduction des gaz à effet de serre (Trindade et al., 2019). Au niveau national, les avantages économiques d'une plus grande autonomie énergétique peuvent également jouer un rôle important.

## **Une série d'avantages pour les pays en développements**

La mise en place de chaînes de valeur de l'éthanol dans les pays en développement offre une large gamme d'avantages environnementaux et socio-économiques aux niveaux mondial, national, communautaire et individuel.

### **Avantages environnementaux**

- La production et la consommation d'éthanol réduisent les émissions de gaz à effet de serre, contribuent à prévenir la déforestation et réduisent la pollution intérieure et extérieure.

### **Avantages économiques**

- La mise en place et l'intégration de l'industrie de l'éthanol mobilisent des investissements dans le secteur agricole, réduisent la dépendance à l'égard des importations de combustibles fossiles et favorisent le développement industriel et la croissance du PIB.

### **Avantages sociaux**

- L'adoption d'une filière de l'éthanol permet de créer des emplois, de stimuler les revenus ruraux et l'accès à l'énergie, et a des effets positifs sur la santé lorsque l'éthanol est utilisé comme combustible de cuisson propre. Elle permet également aux femmes de consacrer du temps à l'éducation, au travail ou aux loisirs au lieu de ramasser du bois ou d'autres biomasses pour les poêles traditionnels.

Les industries émergentes de l'éthanol peuvent être intégrées aux secteurs agricoles existants, comme la culture de la canne à sucre ou du manioc, et cherchent à exploiter les synergies entre le secteur énergétique et le secteur agricole pour accroître la productivité. La culture des matières premières nécessaires à la production d'éthanol n'a pas besoin d'entrer en concurrence avec la culture de denrées alimentaires, et la cuisson propre joue un rôle essentiel dans le maintien de l'accès durable à la nourriture.

**La mise en place réussie d'une nouvelle industrie du bioéthanol nécessite le soutien du gouvernement, les investissements du secteur privé et la création de marchés fonctionnels pour l'éthanol en tant que carburant de transport et/ou combustible de cuisson propre.** Il est nécessaire de mettre en œuvre un cadre politique stable et cohérent dans les domaines de l'énergie et des biocarburants, au service des priorités nationales sur le plan économique et sur celui du développement. Les initiatives gouvernementales peuvent garantir la demande d'éthanol par le biais d'objectifs obligatoires de mélange et/ou de programmes de déploiement de cuisinières à l'éthanol, et établir un environnement permettant à l'éthanol de concurrencer d'autres carburants moins souhaitables. Des mesures visant à encourager le secteur privé (local) à se lancer dans la culture de matières premières, permettent de mettre en place la production et la distribution d'éthanol. Enfin, un accès approprié au financement en faveur du secteur privé doit être assuré afin de faciliter les investissements nécessaires.

### Avantages de l'éthanol comme source d'énergie renouvelable pour le transport et la cuisson propre

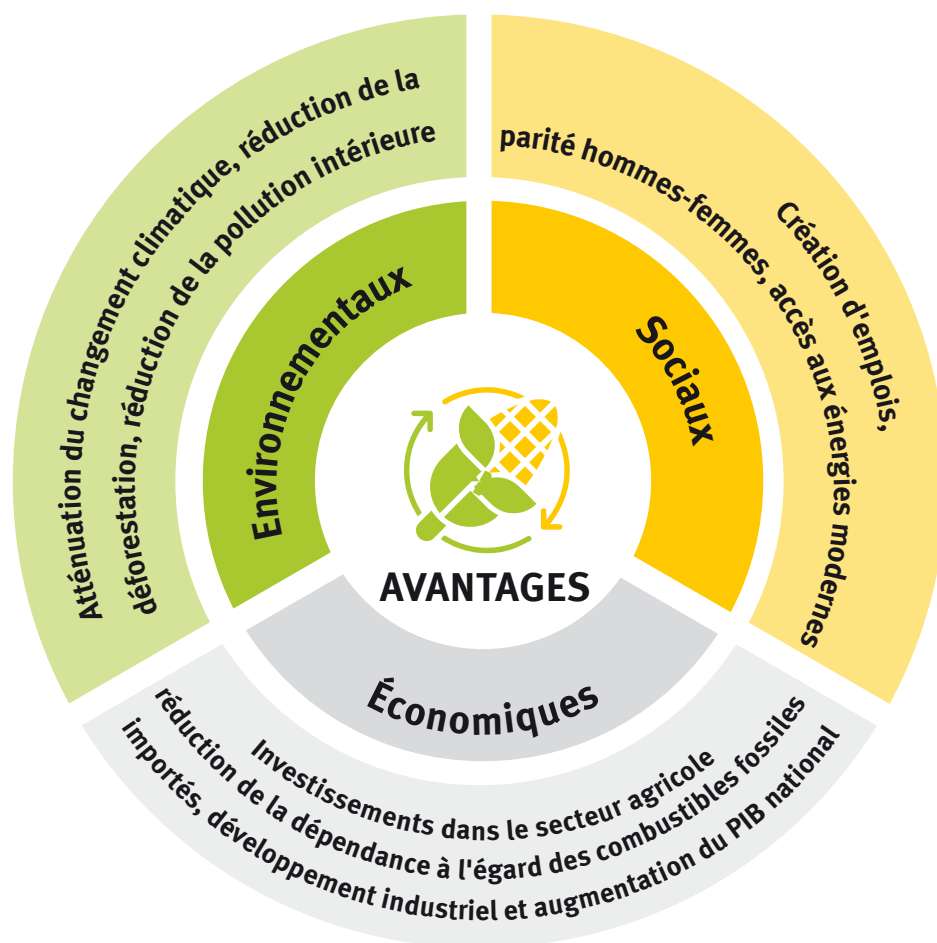


Figure 4 : Avantages du bioéthanol comme source d'énergie renouvelable pour le transport et la cuisson propre.



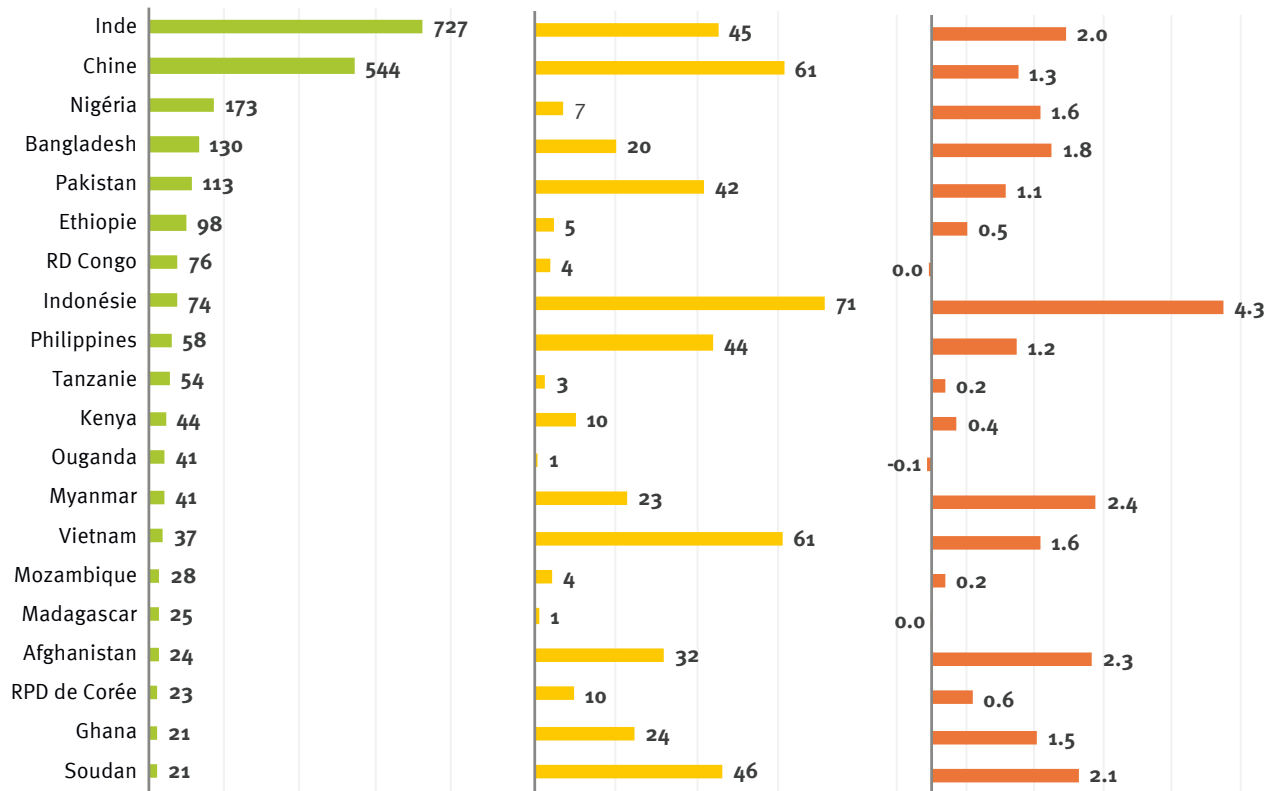


Figure 5 : Les 20 pays les plus pauvres n'ayant pas accès aux carburants et technologies propres (Organisation mondiale de la Santé).

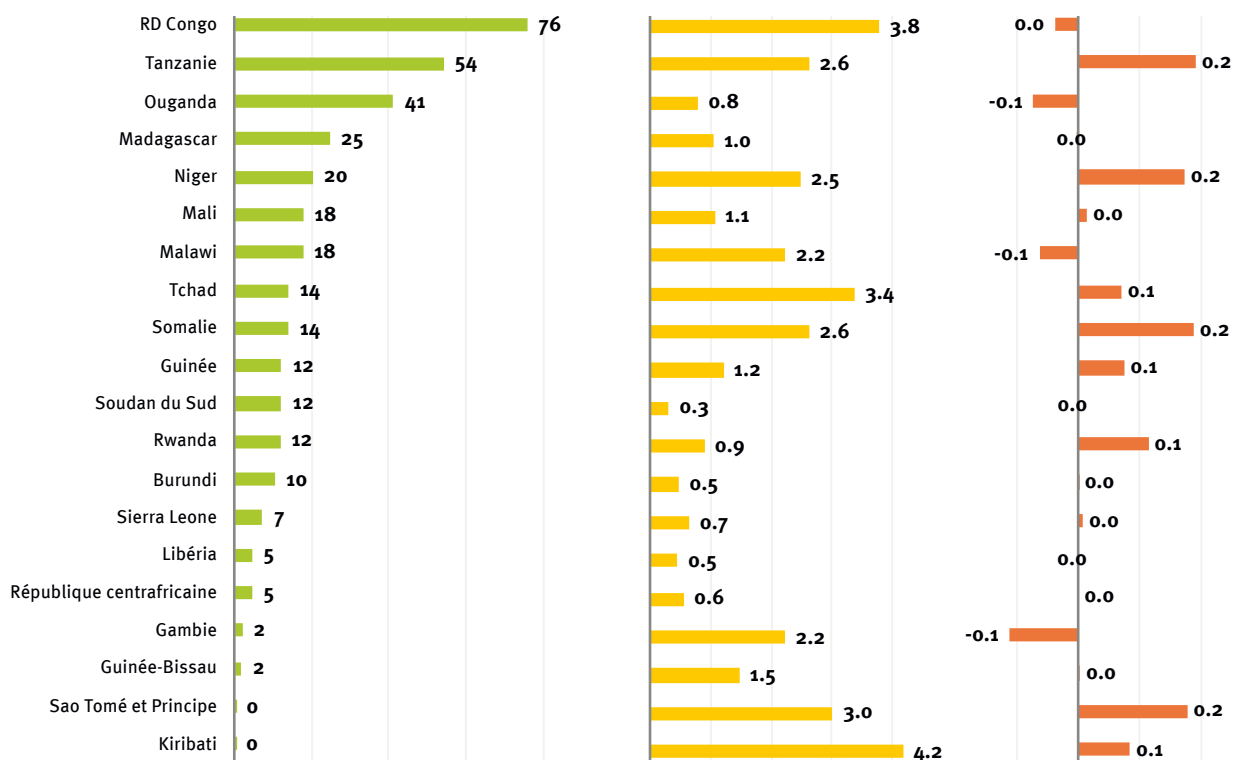


Figure 6 : Les 20 pays où le pourcentage de la population ayant accès à des combustibles propres est le plus faible (Organisation mondiale de la Santé).

# Le bioéthanol au Brésil

Le développement d'une industrie de l'éthanol au Brésil en réponse à la crise pétrolière de la fin des années 1970 a entraîné un certain nombre d'avantages environnementaux et socio-économiques notables. Depuis lors, le Brésil a adapté ses programmes nationaux sur l'éthanol en fonction de l'évolution des priorités économiques et environnementales. Aujourd'hui, le Brésil possède une industrie de l'éthanol très développée et un marché pour le carburant et les véhicules à l'éthanol. La plupart des véhicules circulant sur les routes du Brésil peuvent fonctionner avec n'importe quel mélange d'éthanol et d'essence, et de l'éthanol 100% hydrique est disponible dans toutes les stations-service.

Le Brésil a produit 36 milliards de litres d'éthanol en 2019, dont 33,8 milliards de litres ont été utilisés dans le secteur des transports (EPE, 2020b). En 2010, l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA) a publié une déclaration classant l'éthanol de canne à sucre parmi les biocarburants avancés, dans la mesure où son utilisation en tant que carburant entraîne une réduction de 61% des émissions de CO<sub>2</sub> par rapport à l'essence (EPA, 2010). Cela signifie qu'au Brésil, l'utilisation d'éthanol-carburant à la place de l'essence a permis d'éviter l'émission d'environ 53 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>-eq pour la seule année 2019 (EPE, 2020a). La totalité des émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports au Brésil s'est élevée à environ 190 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>-eq en 2019<sup>3</sup>.

Le Brésil est un exportateur net d'éthanol, d'où une dépendance aux importations de pétrole inférieure à zéro (EPE, 2020b). La valeur du PIB du secteur énergétique de la canne à sucre au Brésil s'est élevée à 43 milliards USD en 2018<sup>4</sup>, contribuant ainsi à 2,4% du PIB national<sup>5</sup>. En 2019/2020, les investissements dans la production de canne à sucre s'élevaient à environ 10 milliards de dollars É-U (EPE, 2020c). Environ 2,3 millions d'emplois pourraient être attribués à la production de canne à sucre, de sucre et d'éthanol, directement ou indirectement, en 2019/2020 (Costa A., 2021). Dans la mesure où 65% de la production de canne à sucre étaient destinés à la production d'éthanol en 2019, le nombre d'emplois liés à la production d'éthanol (y compris l'agriculture, l'industrie et l'administration) peut être estimé à 1,5 millions<sup>6</sup>.

3. Estimation de l'EPE, basée sur (EPE, 2020b) et (IPCC, 2006)

4. <https://observatoriodacana.com.br/>

5. <https://www.ibge.gov.br>

6. Le nombre d'emplois dans le secteur de la canne à sucre au Brésil a diminué ces dernières années en raison du remplacement de la récolte manuelle par la mécanisation. Les estimations varient. Par exemple, une étude récente menée par l'IRENA estime que le secteur des biocarburants liquides au Brésil représente environ 0,85 million d'emplois en 2019 (IRENA).

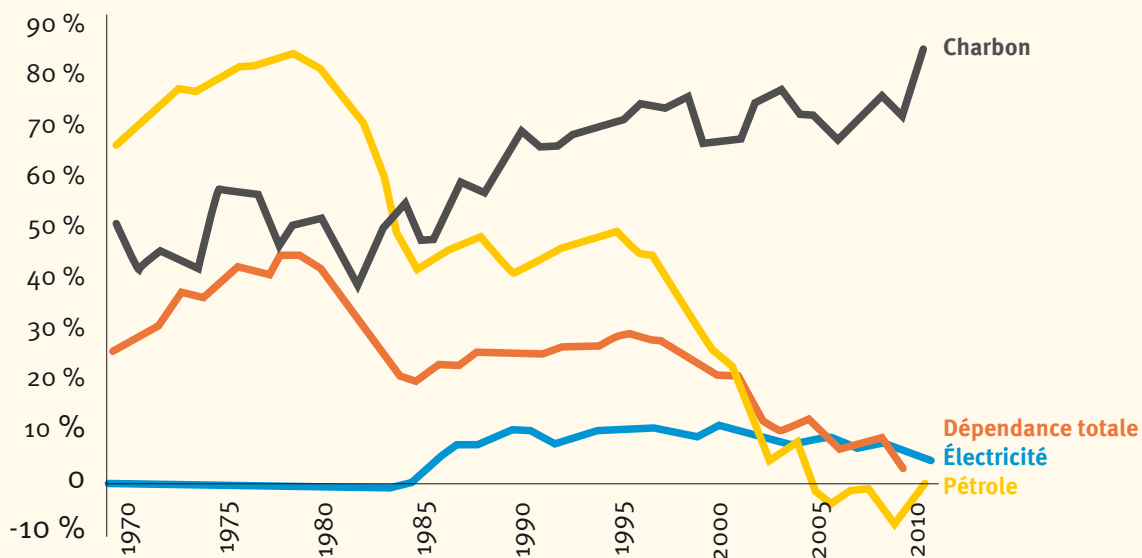


Figure 7 : La dépendance du Brésil aux importations d'énergie (EPE, 2012).

La production nationale d'éthanol a permis de réduire considérablement la dépendance du Brésil vis-à-vis des importations de pétrole. Sa dépendance aux importations de pétrole pour sa consommation d'énergie a diminué d'environ 80% en 1980 à moins de zéro en 2010, si l'on tient compte des exportations d'éthanol (voir la figure 5). Non seulement la production et l'utilisation de l'éthanol réduisent la vulnérabilité à la fluctuation des prix du pétrole, mais elles permettent également une épargne en devises, car les importations de pétrole sont réduites. L'économie de l'éthanol stimule également plusieurs secteurs liés à l'industrie, tels que les biens d'équipement pour la construction des usines, les investissements dans le développement et l'innovation, et les investissements dans l'ensemble de la chaîne de marché agro-industrielle de la production d'éthanol.

Tableau 1 : Avantages socio-économiques de l'éthanol employé comme carburant au Brésil

### Avantages socio-économiques de l'éthanol employé comme carburant au Brésil

Production d'éthanol carburant (2019)	36 milliards de litres
Consommation d'éthanol carburant (2019)	33,8 milliards de litres
Émissions de GES évitées (2019) *	~ 53 millions de tonnes d'équivalent CO <sub>2</sub>
Émissions totales de GES dans le secteur des transports (2019) **	~ 190 millions de tonnes d'équivalent CO <sub>2</sub>
Dépendance à l'égard des importations de pétrole (2019)	Inférieure à zéro (le Brésil est un exportateur net d'éthanol)
Valeur du PIB du secteur énergétique de la canne à sucre (2018)	43 milliards de dollars É-U
Contribution au PIB national (2018)	2,4 %
Investissement dans la production de canne à sucre (2019/2020)	~ 10 milliards de dollars É-U
Emplois attribués à la production de canne à sucre, de sucre et d'éthanol (2019/2020)	2,3 millions (impact direct et indirect)

\*Basé sur l'évaluation du cycle de vie

\*\*Sur la base de la combustion uniquement

# Structure permettant le développement d'une industrie du bioéthanol

La mise en place réussie d'un nouveau secteur industriel dépend de l'organisation et de la planification de trois domaines essentiels :

Mettre en place un cadre politique et régulateur propice	Accès aux sources de financement et attraction du secteur privé	Développement réussi du marché
Des priorités de développement claires	Accès stable et garanti au financement du secteur privé pour faciliter les investissements	Établir une demande stable d'éthanol
Protection de l'industrie nationale de l'éthanol	Des régimes de financement sur mesure pour soutenir les grandes industries et les PME locales	Instaurer un environnement propice à une concurrence avec d'autres sources énergétiques
Politiques de soutien dans les domaines de l'agriculture, de l'environnement et de l'innovation	Modèles de financement social garantissant des impacts sociaux positifs pour les ménages bénéficiaires	Synergies entre les marchés de l'éthanol destinés aux transports et à la cuisson.

## CADRE POLITIQUE ET RÉGULATEUR

- Un cadre politique cohérent en matière d'énergie et de biocarburants doit être mis en œuvre, sur la base des moteurs politiques déterminés (par exemple, la santé, la déforestation, les émissions de gaz à effet de serre, la dépendance aux importations, la création d'emplois).
- Les moteurs politiques doivent être alignés sur des priorités de développement claires et s'y refléter, comme par exemple:
  - La création d'un marché intérieur pour le mélange d'éthanol dans l'essence
  - L'utilisation de l'éthanol comme combustible de cuisson propre
  - La production d'éthanol pour les marchés d'exportation.
- Les gouvernements peuvent choisir de protéger le développement de l'industrie nationale de l'éthanol par des droits de douane à l'importation.
- Un cadre politique stable concernant les prix, les taxes et les tarifs, ainsi que les quotas de mélange potentiels, est un moyen d'assurer à long terme la sécurité des investissements.
- Des exonérations fiscales ou d'autres plans de soutien sont souvent nécessaires pour que l'éthanol puisse concurrencer les alternatives fossiles et/ou traditionnelles, comme l'essence dans le secteur des transports et le charbon de bois ou le GPL pour les combustibles de cuisson.
- Ces politiques peuvent également inclure un programme national de soutien financier aux initiatives qui stimulent les secteurs de l'agriculture et de la bioénergie. Les politiques relatives au développement agricole doivent tenir compte des modes d'utilisation des terres, de la sécurité alimentaire et des droits d'utilisation des terres.
- Des politiques environnementales doivent également être mises en place pour éviter les éventuelles répercussions négatives.

— Des politiques de soutien sont également nécessaires dans les domaines de la recherche et de l'innovation, du commerce et du développement industriel.

La mise en place d'une industrie de l'éthanol devrait être fondée sur une étude approfondie de la faisabilité des cultures de biocarburants, et en particulier sur une démarche de cartographie et de zonage permettant d'identifier des terres destinées aux cultures de biocarburants et aux cultures alimentaires. **La cartographie et le zonage fournissent des informations sur le sol, sur les conditions climatiques et sur les ressources en eau disponibles, et permettent d'identifier les zones prioritaires pour la protection de l'environnement.**

Une analyse et une planification minutieuses de l'utilisation durable des terres aux niveaux national, régional et local constituent une importante condition préalable à la conservation de la biodiversité, à la prise en compte appropriée des droits d'utilisation des terres, et permettent d'éviter tout conflit potentiel entre nourriture et carburant. D'importants enseignements sur le zonage agro-écologique peuvent être tirés des expériences menées au Brésil (Strapasson et al., 2012) et au Mozambique (Wilkinson, 2014).

**Des mesures politiques concernant le secteur de l'électricité sont requises, en particulier lorsque l'éthanol sera produit à partir de la canne à sucre, pour en faciliter l'injection dans le réseau de l'électricité excédentaire qui provient des sous-produits (bagasse).** Ces politiques comprennent des programmes de producteurs indépendants d'électricité (IPP), des niveaux tarifaires pour l'alimentation en l'électricité, l'accès au réseau et l'extension du réseau, ou la construction de mini-réseaux pour étendre l'accès à l'énergie dans les localités non raccordées au réseau.

## **L'ENGAGEMENT DU SECTEUR PRIVÉ ET L'ACCÈS AU FINANCEMENT**

**Encouragée et attirée par un cadre politique favorable, la mise en place d'un marché de l'éthanol sera dirigée et réalisée par des organisations du secteur privé.** Ces organisations couvrent l'ensemble de la chaîne de valeur, y compris la production et la fourniture de matières premières, les technologies de conversion et la production d'éthanol, la logistique et l'approvisionnement en carburant, ainsi que l'utilisation de l'éthanol par les consommateurs comme carburant pour le transport ou comme combustible pour la cuisson propre.

**Pour encourager la production durable de matières premières, un soutien peut être apporté à la formation aux meilleures méthodes de gestion agricole, à l'accès au crédit et à la recherche portant sur la sélection de cultures traditionnelles et sur de nouvelles variétés.** Afin de garantir des opportunités aux petits exploitants, les régimes de sous-traitance doivent être inclus dans les chaînes d'approvisionnement en matières premières aux côtés des fermes commerciales à plus grande échelle. Des modèles de contrat pour les petits agriculteurs doivent être mis en place pour garantir un partage équitable des bénéfices.

**Les investissements dans les installations de production d'éthanol offrent des opportunités aux industries agricoles bien établies.** La création d'une industrie de l'éthanol peut servir de base pour encourager l'esprit national d'entreprise ainsi que la coopération internationale par le biais de la recherche coopérative, de la coopération technique, de la propriété et des licences partagées. Des exigences déterminées en matière de contenu local (LCR) peuvent faciliter la création d'une industrie manufacturière locale et contribuer à la création d'emplois.

**Les PME locales doivent être encouragées à collaborer à tous les stades de la production d'éthanol.** Il s'agit notamment de permettre au secteur privé de bénéficier d'un accès approprié, stable et garanti au financement afin de faciliter les investissements nécessaires :

- Des systèmes de financement sur mesure sont nécessaires pour soutenir à la fois les opérations à grande échelle et les PME locales qui s'engagent dans la chaîne de valeur de la production et de la distribution d'éthanol.
- Les plans de financement social ont également un rôle à jouer, en assurant des impacts sociaux positifs pour les ménages qui passent au biocombustible de cuisson à l'éthanol.
- Ces solutions de financement et ces partenariats peuvent inclure :
  - des modèles de financement basés sur les résultats
  - des systèmes de garantie de crédit
  - des plans de financement prépayés
  - des paiements par téléphone portable (paiements mobiles)
  - des microcrédits pour les ménages.

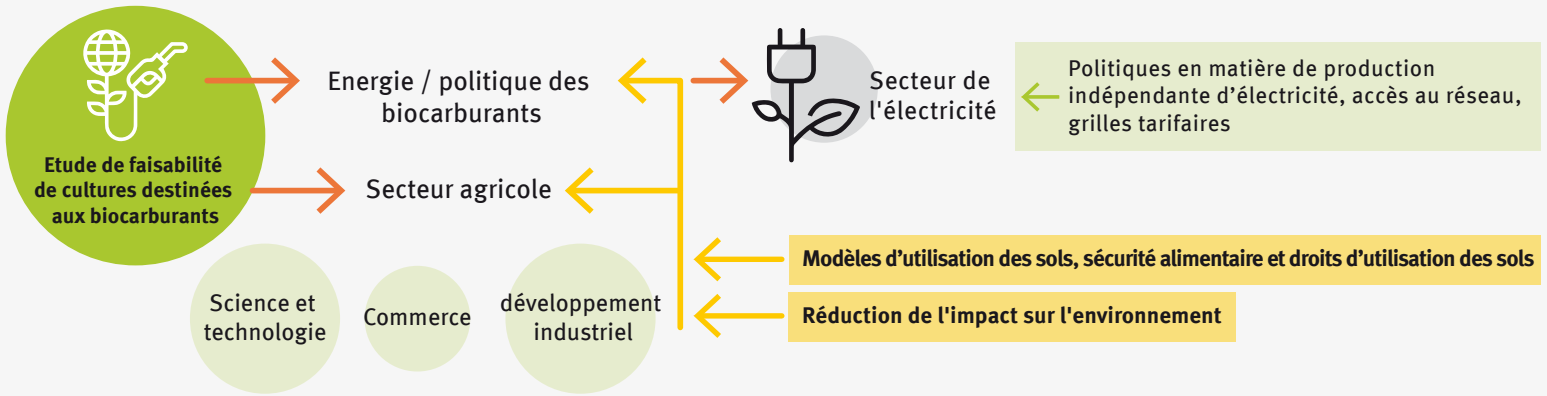
## **DÉVELOPPEMENT DU MARCHÉ**

**Sur la base d'orientations politiques clairement identifiées, les initiatives gouvernementales doivent faciliter une demande stable d'éthanol afin de créer de solides marchés nationaux de l'éthanol.** Cette demande peut être mise en place en se fixant des objectifs de mélange obligatoire dans l'essence, et en adoptant des programmes de promotion de l'utilisation de cuisinières à l'éthanol.

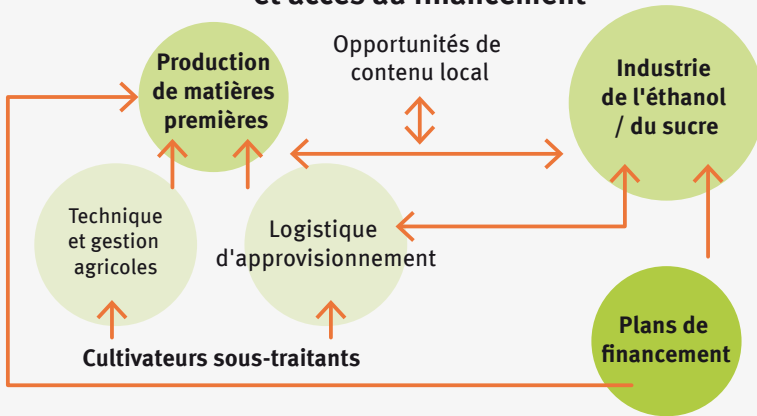
Les gouvernements doivent s'efforcer d'instaurer un environnement permettant à l'éthanol de concurrencer d'autres carburants de transport et de cuisson moins souhaitables. Cet objectif peut être atteint en subventionnant les prix de l'éthanol à la pompe, en subventionnant les cuisinières à éthanol et/ou en supprimant les subventions existantes pour les combustibles fossiles. Les synergies entre les marchés de l'éthanol en tant que carburant pour le transport et en tant que combustible de cuisson propre peuvent également être exploitées.

Le succès du développement du marché de l'éthanol dans les pays en développement exige également la mise en place de structures de régulation, ainsi que des connaissances et des capacités permettant de contrôler la qualité et les normes de l'éthanol conformément aux exigences des marchés nationaux et internationaux. Cela concerne le mélange de l'éthanol avec l'essence, l'exploitation et la distribution de l'électricité produite à partir de la bagasse, ainsi que la distribution de l'éthanol-carburant aux consommateurs.

## Instauration d'un cadre gouvernemental



## Engagement du secteur privé et accès au financement



## Développement du marché

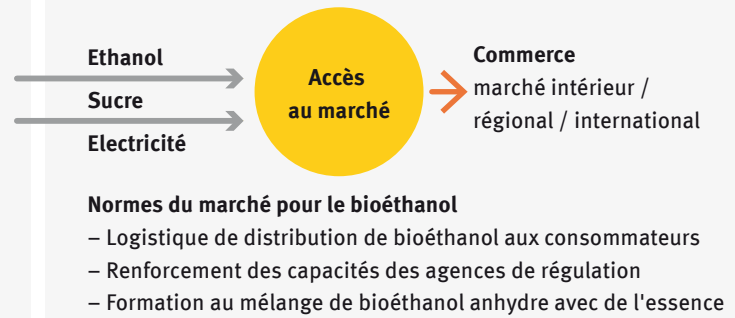


Figure 8 : Instauration d'un cadre gouvernemental propice à l'industrie du bioéthanol

Pour des exemples de la façon dont ces mesures ont été appliquées dans les pays en développement, voir le Chapitre 4 : Études de cas par pays.





## IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES POSITIFS

**CE CHAPITRE** met en évidence les nombreux effets positifs de la mise en place d'industries et de marchés du bioéthanol dans les pays en développement, à l'échelle locale et mondiale, en soulignant leur contribution à un certain nombre d'objectifs de développement durable (ODD) des Nations unies. Les avantages sont considérables en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'autres formes de pollution, ainsi qu'en termes de valeur ajoutée tout au long de la chaîne d'approvisionnement en éthanol et de productivité accrue grâce à la combinaison de l'agriculture alimentaire et de l'agriculture pour les biocarburants.

Les objectifs mondiaux	26
L'intégration du bioéthanol comme carburant pour les transports	28
Cuisiner avec du bioéthanol : plus propre et plus écologique	29
Création de valeur ajoutée : de la terre au réservoir de carburant	31
La production de denrées alimentaires et celle de carburant peuvent être synergiques	32
Garantir des impacts positifs sur l'utilisation des sols	35
Avantages macroéconomiques quantifiables	37

# LES OBJECTIFS MONDIAUX

---

Les **Objectifs de Développement Durable** (ODD) ont été adoptés par les Nations Unies en 2015 et constituent un appel universel à agir pour mettre fin à la pauvreté, protéger la planète et parvenir avant 2030 à ce que tous les peuples jouissent de la paix et de la prospérité.

Les 17 ODD sont intégrés - ils reconnaissent que l'action dans un domaine aura une incidence sur les résultats dans d'autres, et que le développement doit former un équilibre avec la durabilité sociale, économique et environnementale.<sup>1</sup>

**Si le principal moteur de l'introduction d'une économie fondée sur l'éthanol a souvent été la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports, la mise en œuvre durable de l'éthanol apporte un grand nombre d'avantages socio-économiques aux pays et aux communautés. Figurent au nombre de ces avantages la réduction des importations d'énergie fossile, une plus grande autonomie énergétique, la création d'emplois et de revenus dans l'agriculture et l'industrie, la réduction de la déforestation, et des avantages en matière de santé et d'éducation. Cela signifie que l'économie de l'éthanol peut contribuer à la réalisation de plusieurs ODD.**



## ODD 1 - Pas de pauvreté

L'industrie de l'éthanol peut contribuer à réduire la pauvreté, en donnant aux petits exploitants la possibilité d'augmenter et de diversifier leur production agricole et de générer des revenus supplémentaires.



## ODD 2 - Faim "Zéro"

Les investissements dans la bioénergie peuvent accroître la productivité agricole globale et la disponibilité des produits alimentaires.



## ODD 3 - Santé et bien-être

L'éthanol comme combustible de cuisson propre crée des conditions de vie plus saines pour les ménages des pays en développement, en éliminant la pollution intérieure due à la fumée et à la suie.



## ODD 5 - Égalité entre les genres

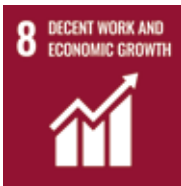
L'utilisation de la bioénergie moderne au lieu de la biomasse traditionnelle réduit le temps consacré au ramassage du bois de chauffage, etc. Cela permet aux femmes et aux enfants d'utiliser ce temps pour le travail, l'éducation ou les loisirs.

1. <https://www.globalgoals.org/>



### **ODD 7 - Énergie propre et d'un coût abordable**

L'éthanol est un carburant renouvelable et biogénique qui peut être produit localement et permettre de réduire les importations de combustibles fossiles. La diffusion de l'éthanol peut contribuer à rendre l'énergie accessible dans les zones privées d'énergie.



### **ODD 8 - Travail décent et croissance économique**

La production agricole de biocarburants crée des emplois productifs dans l'agriculture. La croissance est stimulée dans d'autres secteurs grâce aux investissements réalisés dans les usines de transformation et les distilleries, ainsi que dans la distribution.



### **ODD 9 - Industrie, innovation et infrastructure**

La production d'éthanol conduit à des pratiques innovantes et à des recherches sur le zonage dans le secteur agricole. Une compréhension claire de la chaîne d'approvisionnement, en mesure d'impliquer les acteurs locaux dès les phases initiales, renforce les industries intersectorielles.



### **ODD 10 - Inégalité réduite**

La mise en œuvre de la bioénergie offre des possibilités d'emploi dans les zones rurales et profite de la croissance du secteur agricole pour élargir le développement rural.



### **ODD 12 - Consommation et production responsables**

La production durable de bioénergie contribue à prévenir la déforestation. Une planification minutieuse permet de conserver les zones écologiquement sensibles, en utilisant et en réhabilitant les terres agricoles abandonnées, utilisées de manière intensive ou relativement dégradées.



### **ODD 13 - Lutte contre le changement climatique**

La bioénergie favorise la résilience face au changement climatique. L'éthanol peut remplacer les combustibles fossiles et la biomasse traditionnelle, réduisant ainsi les émissions de gaz à effet de serre.

# L'intégration du bioéthanol comme carburant pour les transports

**Le bioéthanol est écologique par rapport aux carburants pétroliers : par exemple, l'éthanol pur produit à partir de la canne à sucre réduit les émissions de gaz à effet de serre jusqu'à 88% par rapport à l'essence fossile. Même lorsqu'il est mélangé à l'essence à de faibles niveaux (5-10%, E5 ou E10), l'éthanol permet des réductions d'émissions difficiles à atteindre autrement.**

En 2015, 196 pays se sont réunis dans le cadre de l'Accord de Paris pour mettre la planète sur le chemin du développement durable, avec pour objectif de limiter le réchauffement climatique à 1,5° Celsius au-dessus des niveaux préindustriels. Chaque pays a dû définir et communiquer ses

## CHANGEMENT INDIRECT DE L'UTILISATION DES SOLS (ILUC)

La cartographie et le zonage ont un rôle clé à jouer lors de l'introduction de cultures de matières premières pour la production de biocarburants: ils permettent de montrer tout effet provoqué par le changement indirect d'utilisation des sols (iLUC), qui peut atténuer les avantages tirés des biocarburants sur le plan climatique. C'est le cas lorsque les matières premières remplacent la production agricole antérieure sur des terres arables ou des pâturages, et que l'activité antérieure se déplace ailleurs, éventuellement sur des terres inadaptées. Ces changements peuvent également avoir des effets négatifs sur la biodiversité. Les mesures visant à prévenir les effets du changement indirect d'utilisation des sols (iLUC) incluent l'augmentation de la productivité agricole, qui permet d'accroître les rendements.

La cartographie et le zonage impliquent l'étude de l'utilisation actuelle des terres, des types de sol, des ressources en eau et d'autres facteurs, afin de déterminer les zones qui doivent être destinées à différents types de production agricole, et qui doivent être protégées.

actions climatiques post-2020, également appelées "Contributions Déterminées au Niveau National" (CDN), pour atteindre ces objectifs à long terme. **La production et l'utilisation d'éthanol au niveau national peuvent jouer un rôle essentiel dans le respect de ces obligations.**

## AIDER LES PAYS À RESPECTER LEURS CONTRIBUTIONS DÉTERMINÉES AU NIVEAU NATIONAL (CDN)

**L'utilisation de l'éthanol pour remplacer l'essence ou des combustibles de cuisson traditionnels, peut donner lieu à d'importantes réductions des émissions de gaz à effet de serre (GES).** Les émissions de GES sont généralement évaluées en utilisant l'analyse du cycle de vie (ACV), couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur, du "puits à la roue" - par exemple, dans le cas de l'éthanol, de la production des matières premières à leur transport, leur conversion en éthanol, leur distribution et, enfin, leur consommation dans des moteurs à combustion interne. Tandis que les différents instruments d'ACV varient en ce qui concerne les données et la méthode utilisées, lorsque les données et les hypothèses sous-jacentes ainsi que les méthodes de répartition sont harmonisées, ces instruments aboutissent à des résultats semblables (Pereira, et al., 2019).

## DES ÉMISSIONS RÉDUITES GRÂCE AUX MÉLANGES ÉTHANOL-ESSENCE

Le mélange d'éthanol dans l'essence à base de pétrole permet de réduire les émissions de GES puisque

l'éthanol produit de plus faibles quantités de GES sur l'ensemble du cycle de vie. Plus le mélange d'éthanol est important, plus les émissions de GES sont faibles. La figure 9 montre les économies potentielles d'émissions de GES lorsque l'on mélange de l'éthanol dans des pourcentages variables (par volume) et à partir de différentes matières premières. Ces chiffres sont des estimations indicatives ; il convient de noter que les émissions peuvent être fortement influencées par des conditions extérieures telles que la température ambiante, le type de véhicule et la vitesse de conduite, et que ces chiffres ne fournissent qu'une estimation approximative des économies potentielles de GES. Jusqu'à présent, l'éthanol hydraté n'est produit qu'au Brésil et à partir de la canne à sucre.

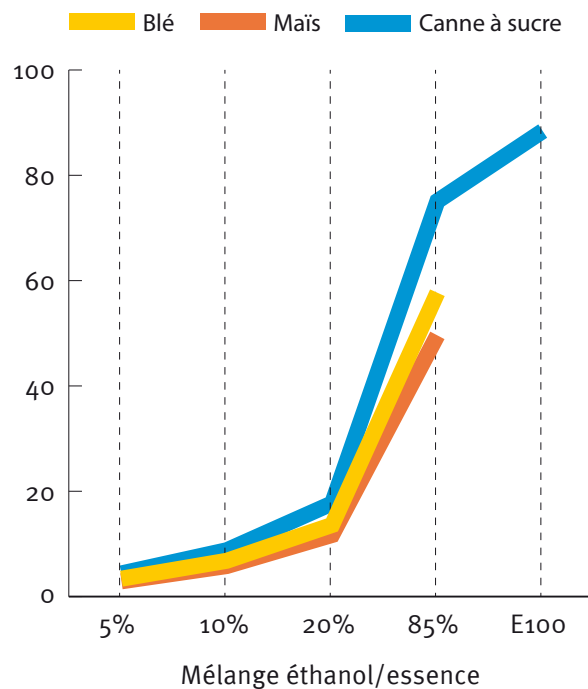


Figure 9 : Réduction potentielle des émissions de GES grâce au mélange d'éthanol dans l'essence.

## La cuisson au bioéthanol : plus propre et plus écologique

**L'utilisation d'appareil de cuisson à éthanol à combustion propre pour remplacer la cuisson traditionnelle peu performante réduira considérablement la pollution de l'air intérieur, qui est un problème de santé majeur dans les pays en développement, et qui touche principalement les femmes et les enfants..**

**L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a résumé ainsi le problème mondial de la pollution de l'air intérieur en 2021 :<sup>2</sup>**

- Environ 2,6 milliards de personnes cuisinent en utilisant des feux ouverts polluants ou de simples réchauds, dont les combustibles sont le kérosène, la biomasse (bois, fumier animal et déchets de culture) ou le charbon de bois.
- Chaque année, près de 4 millions de personnes meurent prématurément de maladies imputables à la pollution de l'air intérieur. Cette pollution est due à des méthodes de cuisson peu performantes, utilisant des poêles polluants associés à des combustibles solides et à du kérosène.
- La pollution de l'air intérieur est à l'origine de maladies non transmissibles, notamment d'accidents vasculaires cérébraux, de cardiopathies ischémiques, de bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO) et de cancers du poumon.
- Près de la moitié des décès dus à une pneumonie chez les enfants de moins de cinq ans sont provoqués par des particules (suie) inhalées sous l'effet de la pollution de l'air intérieur.

<sup>2</sup> <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>

Tous ces problèmes sont liés à la combustion de matières solides et de carburants fossiles dans des poêles ou des foyers peu performants. Diverses études sur les avantages sanitaires des cuisinières alimentées à l'éthanol ont été menées, et montrent que la cuisson à l'éthanol est une alternative plus propre et plus saine (Baillis et al., 2004 ; Diaz-Chavez et al., 2015).

La Figure 10 illustre les émissions de particules des poêles, en rapport avec les risques de pneumonie infantile. Elle montre que les réchauds à éthanol sont aussi propres que les réchauds à biogaz ou à gaz de pétrole liquéfié (GPL). (USAID, 2017).

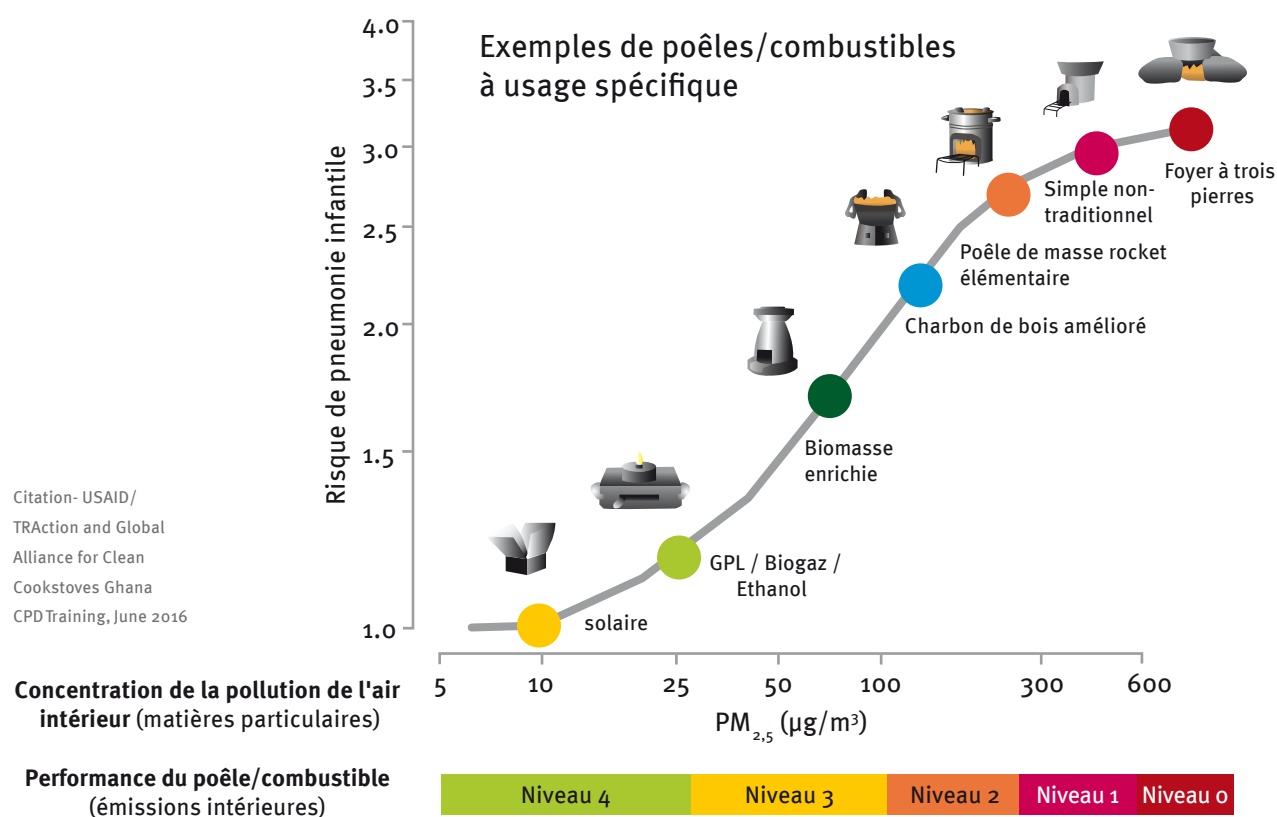


Figure 10 : Émissions de  $PM_{2,5}$  provenant des fourneaux de cuisson en lien avec les risques de pneumonie infantile (USAID/TRAction et Alliance mondiale pour les foyers de cuisson propres, 2016).

Une étude a été menée en Éthiopie sur l'impact de l'utilisation d'un réchaud à éthanol, au lieu de la cuisson au bois peu performante, sur les émissions de polluants à l'intérieur des habitations. La suie/les particules fines ( $PM_{2,5}$ ) et le monoxyde de carbone (CO) sont les deux polluants responsables de la majorité des effets négatifs de la fumée intérieure sur la santé. L'utilisation de réchauds à éthanol a permis des réductions moyennes de 84% et 76% pour les  $PM_{2,5}$  et le CO (Pennise, et al., 2009).

**Plusieurs études ont également porté sur l'impact de l'utilisation des réchauds à éthanol sur la grossesse.** Dans l'ensemble, elles montrent que ces appareils de cuisson ont un impact positif sur la santé. Par exemple, une étude récente menée au Nigéria a conclu que le passage à des cuisinières alimentées à l'éthanol peut apporter une protection nécessaire aux femmes et à leur fœtus en développement (Alexander et al., 2018).

3. <https://www.usaid.gov/energy/cookstoves>

Selon l'USAID, qui propose "une boîte à outils sur les technologies et les combustibles de cuisson propres et performants" ("*Clean and Efficient Cooking Technologies and Fuels Toolkit*"),<sup>3</sup> le principal défi à relever pour obtenir des impacts sur la santé respiratoire en intervenant sur les foyers de cuisson dépend du fait que les ménages doivent non seulement utiliser des foyers et des combustibles extrêmement propres, mais aussi les utiliser presque exclusivement (L'Agence des États-Unis pour le développement international, USAID, 2017).

L'OMS a également développé un guide pour encourager les gestes propres et sûrs dans les foyers. Le Clean Household Energy Solutions Toolkit (CHEST) fournit les outils nécessaires aux pays et aux programmes pour créer ou évaluer des politiques élargissant l'accès à l'énergie domestique propre et son utilisation. CHEST est un cadre d'analyse créé à partir de données fournies par des experts. Il comprend des outils permettant d'évaluer l'état actuel de l'utilisation de l'énergie domestique, la pollution de l'air intérieur et ses impacts sur la santé.

## Création de valeur ajoutée : de la terre au réservoir de carburant

---

**La mise en place d'une industrie de l'éthanol profite au développement rural en améliorant le revenu des petits agriculteurs et la productivité agricole. Les matières premières nécessaires à la production d'éthanol offrent toute une série d'opportunités économiques, et la chaîne de valeur complète de l'éthanol comprend des opportunités commerciales dans le traitement des matières premières, la production d'éthanol et de sous-produits, la recherche, la distribution, les services de soutien technique et financier, la commercialisation des produits et l'utilisation finale.**

La mise en place d'une industrie de l'éthanol dans les pays en développement et les pays les moins développés offre des avantages économiques et environnementaux importants lorsque l'éthanol est produit et utilisé de manière durable. Le développement rural est favorisé par l'augmentation des revenus des petits exploitants et l'amélioration de la productivité agricole. Cette démarche est particulièrement intéressante pour de nombreux pays en raison de leur important potentiel en ressources de biomasse, de leur main-d'œuvre peu coûteuse et de leur vaste secteur agricole. Des opportunités spécifiques existent pour la production d'éthanol liée à l'optimisation de la chaîne de valeur du sucre pour les pays producteurs de canne à sucre. En outre, l'utilisation de l'éthanol comme carburant de transport mélangé à l'essence peut réduire les dépenses d'importation de combustibles fossiles, améliorant ainsi la sécurité énergétique et réduisant la dépendance à la fluctuation des prix des combustibles fossiles.

Les opportunités économiques relatives à l'approvisionnement en matières premières comprennent la plantation, la gestion des cultures (par exemple, le désherbage, l'irrigation), la récolte, le transport dans le champ, le transport routier, le déchargement et l'alimentation de l'installation de traitement. Les matières premières peuvent être produites à la fois par de grandes exploitations et par des programmes de sous-traitance. **La participation des petits exploitants dans des conditions équitables est un moyen approprié d'augmenter les revenus de la population rurale, ce qui permet d'améliorer les conditions de vie et de renforcer la sécurité alimentaire.**

4. <https://www.who.int/airpollution/household/chest/en/>

Outre la production de matières premières, la chaîne de valeur complète de l'éthanol comprend des opportunités commerciales dans le traitement des matières premières, la production d'éthanol et de sous-produits (dans des micro-distilleries décentralisées ou dans des installations plus importantes), la recherche, la distribution, les services de soutien technique et financier, la commercialisation des produits et l'utilisation finale (y compris l'exportation d'éthanol). Afin de maximiser les avantages pour l'économie locale, il convient de promouvoir la participation des PME locales à la fourniture de biens et de services et d'encourager l'emploi et la formation au niveau local. De cette manière, le secteur de l'éthanol peut offrir aux entrepreneurs et aux communautés locales des opportunités de croissance commerciale, améliorer les compétences entrepreneuriales et créer des marchés plus stables et diversifiés.

## La production de denrées alimentaires et celle de carburant peuvent être synergiques

---

**On estime parfois que la concurrence entre le carburant et la nourriture est l'un des effets sociaux négatifs potentiellement graves de l'augmentation de la production de carburant. Les biocarburants ont été critiqués car ils évincent la production alimentaire des terres agricoles et entraînent des augmentations de prix des aliments qui touchent les populations les plus pauvres des pays en développement. Mais la sécurité alimentaire est plus souvent mise en péril sur le plan de l'accès à la nourriture que sur celui de sa disponibilité, et les liens entre biocarburants et sécurité alimentaire sont complexes. À cet égard, les biocarburants présentent à la fois des risques et des opportunités. Grâce à une planification minutieuse fondée sur des technologies et des outils modernes, et grâce à l'optimisation intégrée des agro-industries existantes dans le pays, les biocarburants améliorent la production alimentaire et ne doivent pas la compromettre. Cela peut se faire par l'intensification de l'utilisation des terres, l'utilisation de terres marginales et dégradées, et le passage à des systèmes de production intégrés qui combinent la production d'aliments et de carburants.**

L'Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) prévoit qu'il faudra produire près de 50% de plus de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux en 2050 par rapport à 2012 afin de répondre à la demande de la population mondiale, qui devrait atteindre 9,7 milliards d'habitants en 2050 (FAO, 2017). La production agricole devra plus que doubler en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud. L'accroissement de l'offre alimentaire dépendra essentiellement de l'augmentation des rendements grâce à l'amélioration des pratiques de gestion, à l'utilisation de technologies appropriées, à une utilisation plus performante des intrants et à la réduction des pertes avant et après récolte.



**Le débat entre aliments et carburants est apparu pour la première fois aux États-Unis et dans l'Union européenne, au sujet de l'utilisation du maïs pour la production d'éthanol. Il a pris de plus en plus d'ampleur en 2007 et 2008 en raison de la forte hausse des prix des denrées alimentaires, largement attribuée aux biocarburants par diverses parties prenantes, bien qu'il n'y ait pas de consensus scientifique concernant l'impact des biocarburants sur les prix des denrées alimentaires (Rosillo-Calle, 2012).** Les opposants aux biocarburants critiquent la culture tournée vers les biocarburants plutôt que vers les d'aliments, au motif qu'elle serait moralement inacceptable et que la production de biocarburants à grande échelle entraînerait une insécurité alimentaire dans le monde entier. Ils affirment également que la concurrence entre les terres pour la production de nourriture et de carburant aura des effets négatifs sur l'environnement (sur l'eau, le sol, les stocks de carbone et la biodiversité), et que les effets indirects du changement d'affectation des terres nuisent sérieusement aux réductions potentielles des émissions de gaz à effet de serre résultant de l'utilisation des biocarburants (Searchinger et al., 2008).

Il est vrai que les liens entre biocarburants et sécurité alimentaire sont complexes, et que les biocarburants présentent à la fois des risques et des opportunités (Kline et al., 2017). Alors que la hausse des prix des aliments peut menacer la sécurité alimentaire des plus démunis, notamment des populations urbaines pauvres, **aucune augmentation durable des prix n'a été observée à la suite des politiques relatives aux biocarburants (Ajanovic, 2011). Au contraire, les biocarburants offrent des opportunités aux populations rurales grâce au profit tiré de la croissance agricole, à la promotion du développement rural et, par là, à la réduction de la pauvreté (FAO, 2008).** La production de matières premières destinées à l'alimentation ainsi qu'aux carburants contribue à la diversification de la production et sert à consolider les filières agricoles locales et régionales, tout en créant des opportunités de revenus supplémentaires.

**En outre, l'utilisation de la biomasse pour la bioénergie peut aller de pair avec la production alimentaire, sans concurrence directe.** Par exemple, les sucreries modernes et les usines d'éthanol de canne à sucre sont généralement intégrées et produisent soit de la nourriture (sucre), soit de l'énergie (éthanol), soit les deux (dans des pourcentages variables), en fonction des prix du marché. De plus, les sous-produits tels que la mélasse (résidus de la production de sucre) ou la vinasse (résidus de la production d'éthanol) peuvent également être utilisés comme source d'énergie sans entrer en concurrence avec la production alimentaire. Potentiellement, de très grandes quantités de mélasse sont disponibles pour la transformation en éthanol en Afrique : alors que des pays comme la Tanzanie, le Kenya, l'Éthiopie et le Nigéria cherchent à combler les déficits en sucre pour leur propre consommation intérieure, ils produiront également de plus en plus de mélasse, qui doit être monnayée pour que les usines sucrières soient compétitives et rentables. **En Inde, comme au Brésil, ces usines produisent et vendent du sucre, de l'éthanol et de l'électricité ; le même modèle peut être appliqué en Afrique subsaharienne pour que ces opérations soient compétitives.**

En ce qui concerne les effets potentiels de la culture des biocarburants sur la sécurité alimentaire, la FAO souligne qu'aucune matière première n'est intrinsèquement bonne ou mauvaise, et que la durabilité sociale et environnementale dépendra de la façon dont la biomasse est produite (Gomez San Juan et al., 2019). La production de matières premières pour les biocarburants doit contribuer à la production alimentaire et non l'entraver. Cet objectif peut être atteint par une intensification de l'utilisation des terres, une exploitation des terres marginales et dégradées, et le recours à des approches intégrées comme les systèmes intégrés de production énergétique et alimentaire (IFES, Integrated Food-Energy Systems) (Bogdanski et al., 2010). Les IFES permettent une utilisation des

terres à des fins multiples (par exemple, en combinant les matières premières pour la production de nourriture et de carburant), mais aussi une utilisation de la biomasse à des fins diverses (par exemple, l'utilisation en cascade de la biomasse ou les cultures polyvalentes). En outre, comme le montre l'illustration ci-dessous, les IFES peuvent également intégrer différentes technologies d'énergie renouvelable aux activités d'agriculture, d'élevage et de pêche, ce qui convient aussi bien aux pays en développement qu'aux pays développés (FAO, 2011).

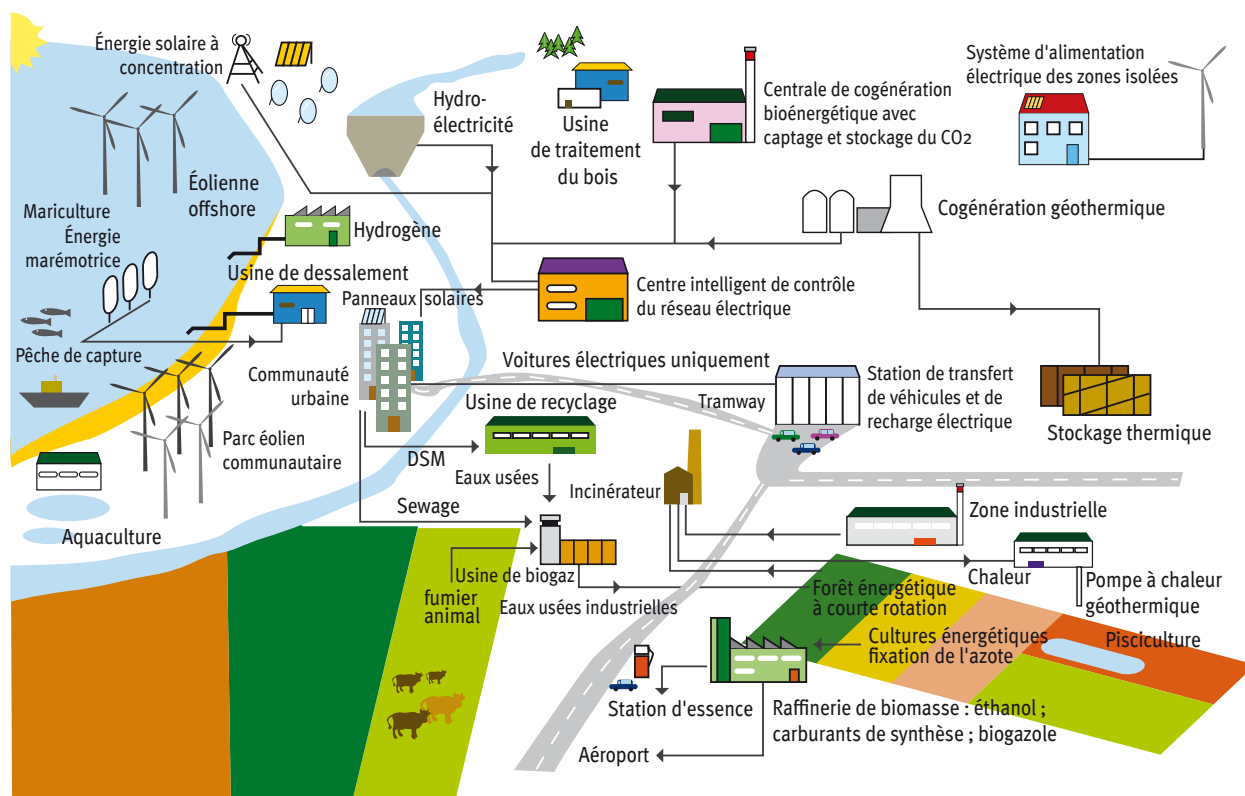


Figure 11 : Système intégré de production énergétique et alimentaire qui prévoit un mode d'approvisionnement alimentaire durable et sûr dans les pays à PIB élevé et faible (FAO, 2011).

**La sécurité alimentaire est plus souvent compromise par la difficulté d'accès à la nourriture que par la production ou la disponibilité.** L'accès à la nourriture peut être facilitée par une plus grande sécurité offerte aux agriculteurs en ce qui concerne leur bail ou droit de propriété et leurs revenus, grâce à l'augmentation de la valeur des cultures. En outre, l'utilisation de la nourriture peut être améliorée par un meilleur accès aux combustibles de cuisson durables et propres (FAO 2019).

**Enfin, il est nécessaire de promouvoir la production de nourriture et celle de carburant pour garantir que les biocarburants contribuent au développement durable et pour éviter les impacts négatifs sur la sécurité alimentaire.**

L'analyse des projets de bioénergie et de sécurité alimentaire (BEFS, The Bioenergy and Food Security) développée par la FAO aide à la prise de décisions judicieuses, et pointe les exigences suivantes :

- La compréhension approfondie des spécificités locales, régionales et nationales en matière de sécurité alimentaire, et celle des conditions favorables à la production de matières premières pour biocarburants. Les opportunités afférentes, les risques, les synergies et les compromis doivent être soigneusement pris en compte.
- Un environnement politique et institutionnel favorable (prenant en compte les questions de

- sécurité alimentaire) avec des politiques solides et flexibles, ainsi que des moyens efficaces pour les mettre en œuvre. Ces politiques flexibles pourraient inclure des mesures adaptées à une demande variable (par exemple, des obligations sur les biocarburants qui soient adaptés à la disponibilité des matières premières existantes) (Gursel et al., 2020).
- La mise en œuvre de bonnes pratiques par les investisseurs et les producteurs afin de réduire les risques et d'augmenter les opportunités propices à la sécurité alimentaire, ainsi que les instruments politiques appropriés pour promouvoir ces bonnes pratiques.
  - Le suivi approprié des impacts de la production de biocarburants sur la sécurité alimentaire.

## Garantir des impacts positifs sur l'utilisation des sols

---

**La production et l'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques, notamment l'éthanol pour le transport et la cuisson, ont des répercussions sur l'utilisation des sols. L'impact global dépend de la taille de la structure agricole qui assure la production d'éthanol : en général, la production de matières premières à petite échelle a de meilleurs résultats en termes d'effets socio-économiques. Une série de facteurs doivent être pris en compte, notamment le recours aux engrais et aux pesticides, la consommation d'eau, la biodiversité, ou encore l'accès à la terre et les droits d'utilisation des terres. Il convient de veiller à ce que les petits exploitants et les communautés villageoises bénéficient équitablement des avantages de la production de matières premières et d'éthanol. En plus des avantages économiques, un impact positif majeur est le remplacement des combustibles à base de bois par des combustibles de cuisson à l'éthanol, ce qui contribue à la protection des forêts en évitant la récolte non durable du bois et la dégradation des forêts.**

**La production de biocarburants nécessite naturellement de grandes quantités de matières premières, ce qui a des répercussions sur la gestion des terres.** C'est évident en ce qui concerne les cultures spécifiquement consacrées à la production d'énergie, mais les matières premières qui sont actuellement classées dans la catégorie des "résidus" ou des "déchets" peuvent également avoir des répercussions sur l'utilisation des terres à long terme, car la concurrence générale pour les sources renouvelables à base de carbone augmente. Celle-ci est fortement influencée par les prix des biocarburants et de la biomasse, ainsi que par les prix et la disponibilité des sources fossiles (Rutz & Janssen, 2014).

**Le changement d'utilisation des sols (LUC) désigne le passage d'un usage à un autre.** Le changement d'affectation des sols se produit également lorsque des terres non utilisées (terres vierges, abandonnées ou dégradées) sont converties à un usage spécifique.

**Une distinction est faite entre le changement direct d'utilisation des terres et le changement indirect d'utilisation des terres.** Le changement direct d'affectation des sols (dLUC) fait référence à un changement dans l'utilisation de terrains spécifiques qui sont directement convertis d'un statut (par exemple, des pâturages dégradés) à un autre (par exemple, la culture de la canne à sucre).

Si la matière première est cultivée sur des terres agricoles déjà exploitées, il se peut que cette culture entraîne le déplacement d'une autre culture qui pourrait alors être produite, par exemple, sur des terres forestières. C'est ce qu'on appelle le changement indirect d'affectation des sols (iLUC). L'effet indirect se manifeste par des changements dans la demande de produits agricoles de base et de leurs substituts sur les marchés mondiaux.

**Pour la production d'éthanol, les conséquences des changements d'affectation des sols dépendent en grande partie de la taille des installations agricoles,** comme le résume une synthèse portant sur l'Afrique (Rutz et Janssen, 2012). Il est prouvé que la production de matières premières à plus petite échelle donne de meilleurs résultats que les systèmes à grande échelle en termes d'impacts socio-économiques. Cependant, les systèmes agricoles à grande échelle peuvent être bénéfiques pour la population locale ainsi que pour les économies nationales.

**De manière générale, la production d'éthanol pour le secteur des transports est considérée comme commercialement viable lorsqu'elle est menée à grande échelle** (Rutz & Janssen, 2012). La production d'éthanol issu de la canne à sucre a été liée à des préoccupations environnementales suscitées par l'utilisation d'engrais et de carburant. Les pesticides et autres polluants peuvent avoir des effets négatifs. Il faut aussi prendre en compte la fumée provenant du brûlage des champs moissonnés, ainsi que l'utilisation de l'eau pour l'irrigation. L'expansion de la production d'éthanol a également affecté la biodiversité dans les cas où la forêt naturelle a été défrichée pour faire place aux cultures. Toutes ces préoccupations liées au développement durable doivent être abordées lorsque l'éthanol doit être produit à grande échelle (ONU DAES, 2007). Pour que la culture de la canne à sucre destinée à la production de biocarburants dans les pays en développement soit durable, les petits agriculteurs et les communautés villageoises doivent partager équitablement les bénéfices. Cela peut se faire, par exemple, par des programmes de sous-traitance permettant aux petits exploitants de se consacrer à une culture destinée à la fabrication de biocarburants et contribuant à une récolte mixte plus importante.

**Enfin, les questions d'utilisation des terres sont liées aux structures de la propriété foncière (régime foncier, droits d'utilisation des terres, accès aux terres) qui peuvent être très spécifiques dans les pays en développement.** Il faut éviter les impacts négatifs sur les populations à faible revenu, de même que l'accaparement des terres, c'est-à-dire l'acquisition légale ou illégale de grandes parcelles de terrain dans les pays en développement par des entreprises nationales et transnationales, des gouvernements et des particuliers. L'accaparement des terres a une longue histoire, mais le terme a refait surface notamment à la suite de la crise mondiale des prix des produits alimentaires de 2007-2008. L'accaparement des terres par les investisseurs se poursuit aujourd'hui sous diverses formes dans le but de produire des cultures commerciales et d'autres produits de base, notamment des matières premières bioénergétiques. Il faut donc s'en prémunir lors de la mise en œuvre de la production d'éthanol.

**En remplaçant le bois de chauffage non durable par des combustibles de cuisson à l'éthanol, on pourra contribuer de manière significative à la conservation des forêts dans les pays en développement.** Actuellement, les pratiques de production de charbon de bois et de collecte de bois de chauffage non durables - rendues possibles par l'absence de régime foncier clairement défini et sûr concernant les forêts et les arbres - constituent la principale cause de dégradation des forêts, en particulier en Afrique subsaharienne (FAO, 2017). La production à grande échelle de charbon de bois, en particulier dans les zones alimentant les marchés des grandes agglomérations,

peut avoir des effets négatifs importants sur les forêts et les autres ressources naturelles, au point de mettre en péril leur viabilité. Une étude sur les liens entre la production de charbon de bois et la dégradation ou la déforestation des forêts en Tanzanie (SEI, 2002) a révélé que la production de charbon de bois était responsable de la dégradation de 25% des zones boisées fermées, ainsi que de la déforestation de 20% des zones boisées fermées et de 51% des zones boisées ouvertes dans les secteurs situés à l'ouest et au nord de Dar es Salaam qui fournit du charbon de bois à la ville. De même, comme l'indique le Chapitre 4, les utilisateurs de charbon de bois à Maputo et Matola, au Mozambique, consomment l'équivalent de 1,8 million de tonnes de bois chaque année, ce qui correspond à environ 142 mille hectares de forêt détruits par an (Atanassov et al., 2012).

## Avantages macroéconomiques quantifiables

---

**Le capital qu'il faut investir pour construire une installation de production d'éthanol à base de canne à sucre est estimé à 1,86 USD par litre de capacité de production annuelle. La surface agricole moyenne nécessaire à la production d'éthanol pour soutenir un mélange à 10% avec l'essence pour 20 pays d'Asie et d'Afrique représente entre 0,03% et 1,5% de la surface agricole totale des pays sélectionnés, en supposant un rendement moyen mondial de canne à sucre de 4550 l/ha. Les avantages de l'introduction de l'E10 comprennent des réductions des émissions de GES d'environ 8,8% et des économies de change entre 0,02% et 0,5% du PIB dans les pays sélectionnés.**

Les tableaux 2 et 3 présentent des estimations de la demande potentielle d'éthanol, des économies de change (forex), des investissements en capital, des réductions des émissions de gaz à effet de serre et de la superficie agricole nécessaire, suite à l'introduction d'un mélange de 10% d'éthanol dans l'essence, dans 20 pays différents d'Asie et d'Afrique. Les calculs sont basés sur la production d'éthanol à partir de canne à sucre, bien que cette matière première ne soit pas forcément la plus appropriée dans chaque pays.

La demande d'éthanol est estimée à 10% de la demande d'essence en volume, sur la base de la consommation d'essence en 2017. Les économies de change proviennent des prix moyens de l'essence dans les pays respectifs (en mai 2021). Ces économies de change ont été multipliées grâce aux économies de combustibles fossiles résultant de la substitution de 10% de l'essence par de l'éthanol. Le produit intérieur brut (PIB) de 2017 a été utilisé pour mesurer la part des économies de change dans le PIB national ; celles-ci se situaient entre 0,02% et 0,5%.

L'investissement en capital requis a été évalué en utilisant un multiplicateur de 1,86 USD/litre (1) (IRENA, 2019), calculé sur la base d'une usine de production d'éthanol issu de la canne à sucre. Lorsqu'il est intégré à des moulins à canne à sucre déjà existants (mais à l'état de friche industrielle), l'investissement en capital tombe à environ 0,27 USD/l (IRENA, 2019). En comparaison, une usine de production d'éthanol à base de mélasse au Pakistan, intégrée à un moulin à canne à sucre existant, nécessiterait un investissement d'environ 0,05 USD/l (Farooq et al., 2020).

**Introduire un mélange de 10% d'éthanol fabriqué à partir de canne à sucre pourrait réduire les émissions de gaz à effet de serre de 8,8% en moyenne dans les pays en développement sélectionnés, par rapport à la consommation d'essence pure.** Pour calculer les réductions d'émissions de gaz à effet de serre, les valeurs du Tableau 7 et de la Figure 29 ont été prises en compte et l'on a supposé des émissions nettes de 90g CO<sub>2</sub>-eq par mégajoule (ou 2,923g CO<sub>2</sub>-eq/l) pour l'essence. La surface agricole nécessaire à la culture des matières premières a été déterminée en supposant que la production d'éthanol est basée sur la canne à sucre, et en appliquant des rendements moyens mondiaux de 4550 l/ha (FAO, 2008). La surface agricole nécessaire à la mise en œuvre d'un mélange de 10% d'éthanol à partir de la production nationale se situe entre 0,03% et 1,5% de la surface agricole totale dans les pays sélectionnés.

Il est important de préciser que ces calculs ne fournissent qu'une indication approximative sur les bénéfices macroéconomiques et environnementaux.

Tableau 2 : Impacts potentiels de l'introduction de l'E10 dans certains pays d'Afrique (estimations approximatives)

Pays sélectionnés	Demande d'essence (millions de litres) <sup>5</sup>	Demande d'éthanol pour l'E10 (millions de litres)	Prix de l'essence (USD/l) <sup>6</sup>	Économies de change (millions USD)	PIB (millions USD) <sup>7</sup>	Économies de change en pourcentage du PIB (%)
<b>RD Congo</b>	425	43	1.00	43	37,642	0.1
<b>Éthiopie</b>	522	52	0.51	26	80,561	0.0
<b>Ghana</b>	1,567	157	0.98	153	58,997	0.3
<b>Côte d'Ivoire</b>	741	74	1.13	84	37,353	0.2
<b>Kenya</b>	1,741	174	1.16	202	79,263	0.3
<b>Madagascar</b>	160	16	1.08	17	11,500	0.1
<b>Mozambique</b>	580	58	1.09	63	12,646	0.5
<b>Nigéria</b>	17,409	1,741	0.45	790	375,745	0.2
<b>Soudan</b>	1,509	151	0.54	81	117,488	0.1
<b>Tanzania</b>	1,469	147	0.92	135	53,321	0.3
<b>Ouganda</b>	790	79	1.17	93	25,995	0.4

Chiffres du PIB pour 2017 | Économies de change basées sur le prix de l'essence en mai 2021

M = million | l = litres | tCO<sub>2</sub>-eq = tonnes d'équivalent dioxyde de carbone | ha = hectares

5. [https://www.theglobaleconomy.com/rankings/gasoline\\_consumption/](https://www.theglobaleconomy.com/rankings/gasoline_consumption/)

6. [https://www.globalpetrolprices.com/gasoline\\_prices/](https://www.globalpetrolprices.com/gasoline_prices/)

7. <https://www.worldometers.info/gdp/gdp-by-country/>

Tableau 2 : Impacts potentiels de l'introduction de l'E10 dans certains pays d'Afrique (estimations approximatives)

Pays sélectionnés	Investissement en capital (de capitaux), nouvelle plantation de canne à sucre (millions USD)	Réduction nette des émissions de GES (tCO <sub>2</sub> -eq)	Superficie agricole totale (millions d'hectares) <sup>8</sup>	Surface agricole nécessaire à la mise en place de l'E10 (ha)
<b>RD Congo</b>	80	110,000	32	9,000
<b>Éthiopie</b>	100	135,000	38	11,000
<b>Ghana</b>	290	405,000	15	34,000
<b>Côte d'Ivoire</b>	140	192,500	21	16,000
<b>Kenya</b>	320	450,000	28	38,000
<b>Madagascar</b>	30	41,000	41	4,000
<b>Mozambique</b>	110	150,000	41	13,000
<b>Nigéria</b>	3,240	4,499,000	69	383,000
<b>Soudan</b>	280	390,000	68	33,000
<b>Tanzania</b>	270	380,000	40	32,000
<b>Ouganda</b>	150	204,000	14	17,000

Chiffres du PIB pour 2017 | Économies de change basées sur le prix de l'essence en mai 2021

M = million | l = litres | tCO<sub>2</sub>-eq = tonnes d'équivalent dioxyde de carbone | ha = hectares

8. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL/visualize>



Tableau 3 : Impacts potentiels de l'introduction de l'E10 dans certains pays d'Asie (estimations approximatives)

Pays sélectionnés en Asie	Demande d'essence (millions de litres) <sup>9</sup>	Quantité d'éthanol nécessaire pour l'E10 (millions de litres)	Prix de l'essence (USD/l) <sup>10</sup>	Économies de change (millions USD)	PIB (millions USD) <sup>11</sup>	Économies de change en pourcentage du PIB (%)
<b>Afghanistan</b>	1,054	105	0.59	62	19,544	0.3
<b>Bangladesh</b>	580	58	1.05	61	249,724	0.0
<b>Chine</b>	199,270	19,927	1.11	22,119	12,237,700	0.2
<b>Inde</b>	34,412	3,441	1.26	4,319	2,650,725	0.2
<b>Indonésie</b>	33,542	3,354	0.74	2,472	1,1015,421	0.2
<b>Myanmar</b>	2,564	256	0.70	178	67,069	0.3
<b>Pakistan</b>	10,213	1,021	0.71	723	304,952	0.2
<b>Philippines</b>	6,267	627	1.05	656	313,595	0.2
<b>Vietnam</b>	8,472	847	0.84	712	223,780	0.3

Chiffres du PIB pour 2017 | Économies de change basées sur le prix de l'essence en mai 2021

M = million | l = litres | tCO<sub>2</sub>-eq = tonnes d'équivalent dioxyde de carbone | ha = hectares

9. [https://www.theglobaleconomy.com/rankings/gasoline\\_consumption/](https://www.theglobaleconomy.com/rankings/gasoline_consumption/)

10. [https://www.globalpetrolprices.com/gasoline\\_prices/](https://www.globalpetrolprices.com/gasoline_prices/)

11. <https://www.worldometers.info/gdp/gdp-by-country/>

Tableau 3 : Impacts potentiels de l'introduction de l'E10 dans certains pays d'Asie (estima

Pays sélectionnés en Asie	Investissement en capital (de capitaux), nouvelle plantation de canne à sucre (millions USD)	Réduction nette des émissions de GES (tCO <sub>2</sub> -eq)	Superficie agricole totale (millions d'hectares) <sup>12</sup>	Surface agricole nécessaire à la mise en place de l'E10 (ha)
<b>Afghanistan</b>	200	227,500	38	23,000
<b>Bangladesh</b>	110	150,000	9	13,000
<b>Chine</b>	37,060	51,495,000	529	4,380,000
<b>Inde</b>	6,400	8,892,500	180	756,000
<b>Indonésie</b>	6,240	8,668,000	62	731,000
<b>Myanmar</b>	480	662,500	13	56,000
<b>Pakistan</b>	1,900	2,639,000	36	224,000
<b>Philippines</b>	1,170	1,619,500	12	138,000
<b>Vietnam</b>	1,580	2,189,500	12	186,000

Chiffres du PIB pour 2017 | Économies de change basées sur le prix de l'essence en mai 2021

M = million | l = litres | tCO<sub>2</sub>-eq = tonnes d'équivalent dioxyde de carbone | ha = hectares

12. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL/visualize>



# LES MARCHÉS DU BIOÉTHANOL DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT : PROGRÈS, OPPORTUNITÉS ET DÉFIS

**CE CHAPITRE** présente les progrès réalisés au niveau de l'utilisation de l'éthanol pour la cuisson et les transports dans les pays en développement, ainsi que la transition majeure que connaissent actuellement ces deux secteurs.

Résumé	44
Potential de croissance du bioéthanol en tant que carburant pour les transports	45
Des cuisinières au bioéthanol pour protéger la santé et réduire les émissions de carbone	48
Chapitre 3	43

---

**La croissance économique rapide de ces dernières années entraîne des changements de mode de vie dans les pays en développement, et provoque une augmentation de la demande d'énergie.** Cette croissance est flagrante dans le secteur de l'électricité, qui alimente les appareils ménagers tels que les lampes, les réfrigérateurs, les cuisinières, les machines à laver et les climatiseurs, ainsi que dans le secteur des transports, où l'achat de voitures et l'utilisation d'autres véhicules augmentent.

**Les marchés de l'éthanol dans les pays en développement sont actuellement dominés par le secteur des mélanges de carburants,** les pays introduisant des politiques rendant obligatoire ou ciblant l'utilisation de l'éthanol comme additif ("mélange") aux carburants fossiles conventionnels pour le transport. En revanche, le recours à l'éthanol comme combustible de cuisson propre est actuellement très faible et se limite à des initiatives pilotes.

**Le développement simultané des marchés de l'éthanol destinés au mélange de carburants et à la cuisson propre présente des opportunités et des risques.** Si un marché mixte plus étendu peut contribuer à renforcer les chaînes de valeur de l'éthanol et stimuler les investissements dans la production d'éthanol, les marchés de la cuisson domestique peuvent être confrontés à des pénuries d'éthanol en raison de la concurrence avec un secteur des transports économiquement plus fort.

**Il ne fait aucun doute que le marché de l'éthanol est appelé à se développer.** Rien qu'en Afrique, entre 2013 et 2030, la consommation d'éthanol pour les appareils de cuisson devrait passer de 13 pétajoules (PJ) par an (équivalent à 554 000 kilolitres) à 82 PJ/an (3,5 millions de

kilolitres), alimentant deux millions de cuisinières ou réchauds. Dans le secteur des transports, les projections montrent que l'utilisation de l'éthanol en Afrique augmentera de manière significative, passant de la quasi-absence en 2013 à 123 PJ/an (5,2 millions de kilolitres) en 2030.<sup>1</sup>



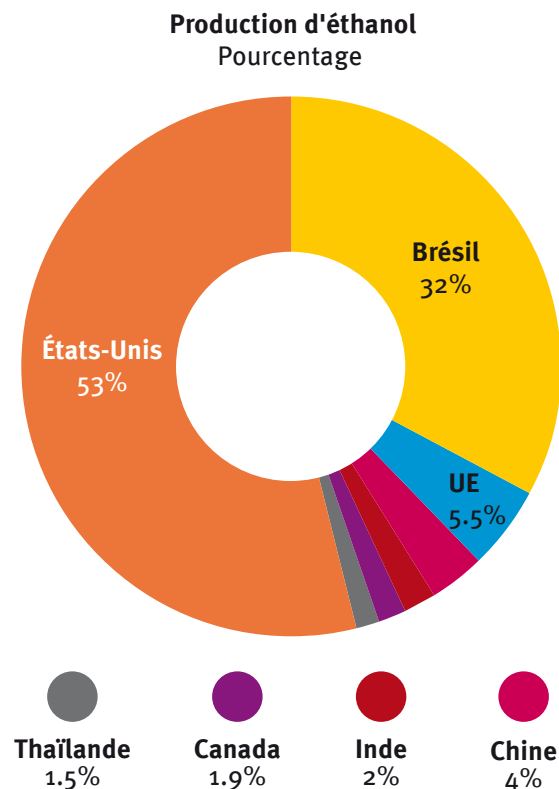
1. IRENA, 2015

# Potentiel de croissance du bioéthanol comme carburant pour les transports

Au cours des dernières décennies, de nombreux pays ont mis en œuvre des politiques visant à promouvoir l'utilisation de l'éthanol comme carburant pour les transports. Ces marchés sont stimulés par des politiques, et ont pour objectif de réduire les importations de combustibles fossiles, d'accroître l'indépendance énergétique, de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et d'améliorer le développement rural.

Aujourd'hui, l'utilisation de l'éthanol dans les transports concerne principalement les mélanges à 5% (E5) et à 10% (E10) d'éthanol dans l'essence. Ils sont très répandus dans de nombreux pays développés, et les véhicules produits en série peuvent généralement fonctionner avec l'un ou l'autre de ces mélanges. Les mélanges à teneur plus élevée en éthanol (E15, E20, E85, E100) sont limités à certains marchés, comme celui des véhicules flex-fuel (FFV ou VCM) au Brésil. Le marché actuel du carburant à l'éthanol est dominé par les États-Unis et le Brésil, suivis par l'Union européenne, la Chine, l'Inde, le Canada et la Thaïlande (voir Figure 14). D'autres pays produisent actuellement de l'éthanol pour un total d'environ 4 milliards de litres (mrd l) par an (3,5% de la production mondiale). Au cours de l'année 2020, la production mondiale d'éthanol a été fortement impactée par une baisse de la demande d'essence due à la crise du Covid-19. La réduction a été de près de 15%, principalement en raison de la baisse des niveaux de production aux États-Unis et au Brésil, tandis que les marchés asiatiques sont restés relativement stables (AIE, 2020).

Selon les Perspectives Agricoles 2020-2029 de l'OCDE et de la FAO, le marché mondial du carburant à l'éthanol devrait connaître une croissance modérée au cours des prochaines années (environ 15,5 milliards de litres supplémentaires d'ici 2029). La plus forte croissance est prévue au Brésil, principalement grâce à son programme RenovaBio, qui vise à réduire les émissions conformément aux engagements du pays dans le cadre de la COP 21. Des augmentations plus faibles sont prévues aux États-Unis, en Chine et en Inde, tandis qu'un marché stable est attendu pour l'UE et le Canada. Dans tous les autres pays, le marché de l'éthanol devrait augmenter de 1 à 5 milliards de litres.

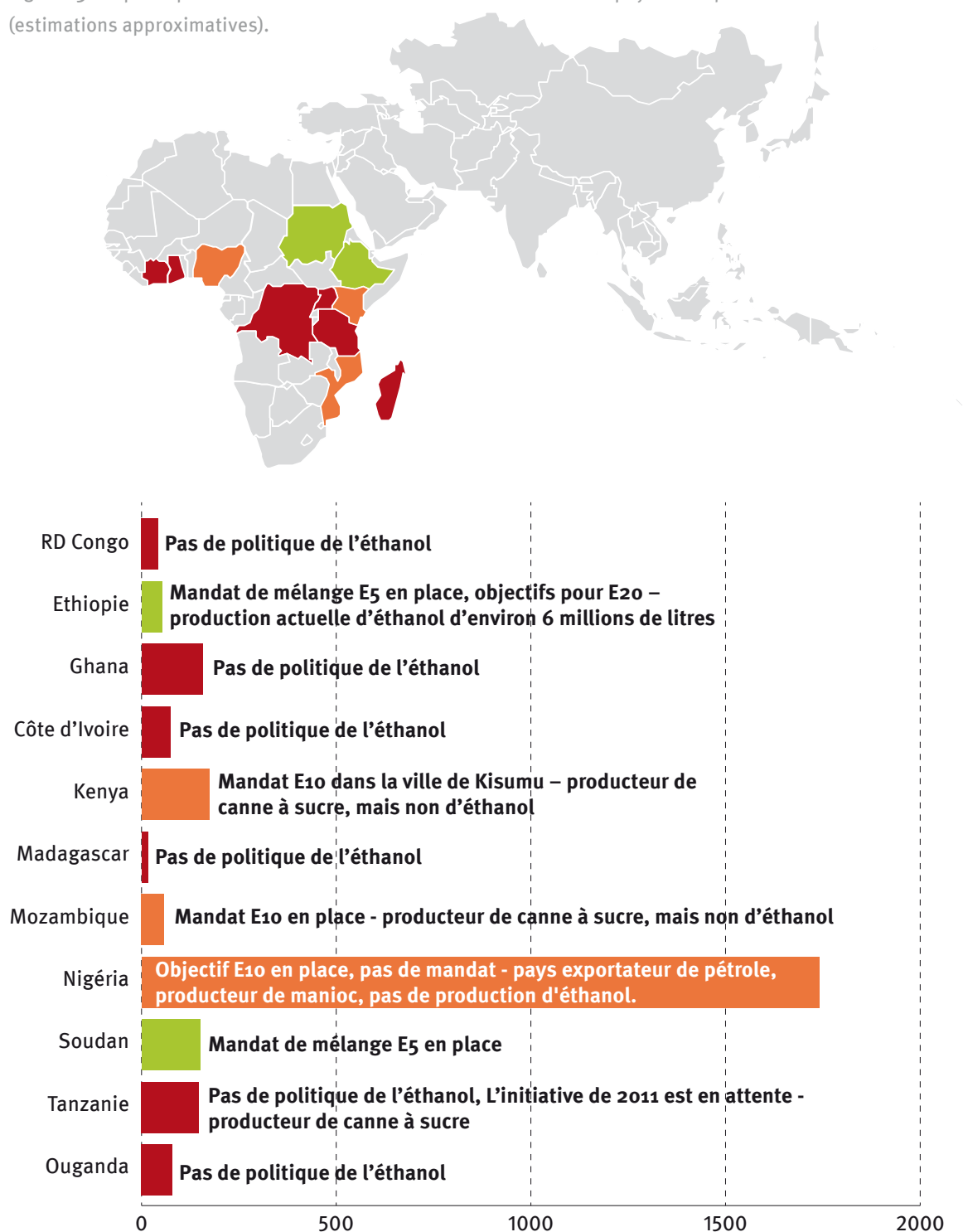


**Production d'éthanol**  
Dans le monde entier : 114 milliards de litres

États-Unis, maïs	59,7 bn l
Brésil, canne à sucre, maïs	35,3 bn l
UE, betterave à sucre, blé, maïs	5,5 bn l
Chine, maïs, manioc	4,0 bn l
Inde, mélasse	2,0 bn l
Canada, maïs, blé	1,9 bn l
Thaïlande, mélasse, manioc	1,6 bn l

Figure 12 : Production d'éthanol destiné aux transports dans les pays phares en 2019 (REN21, 2020).

Figure 13 : Impacts potentiels de l'introduction de l'E10 dans certains pays d'Afrique (estimations approximatives).

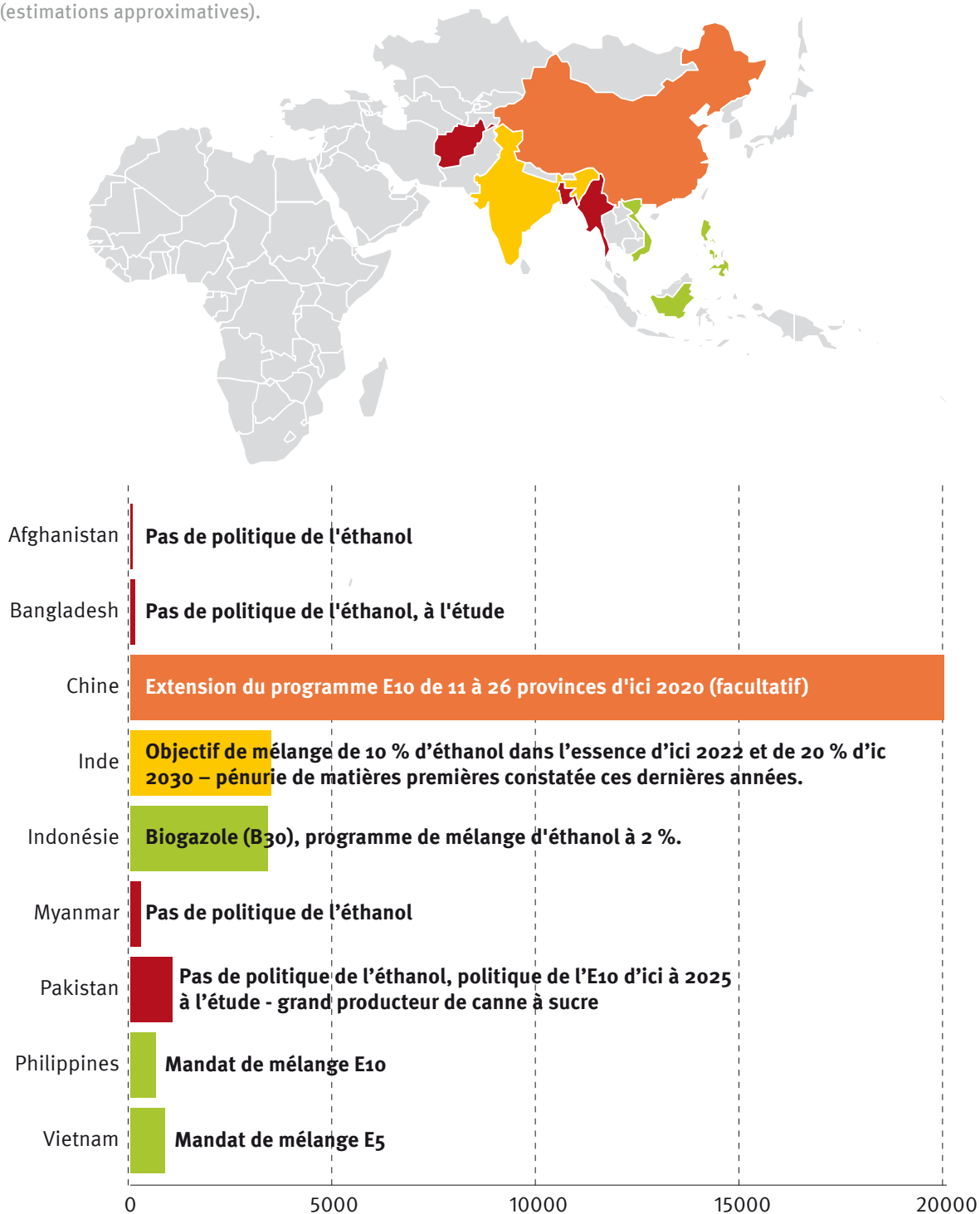


### POLITIQUES ACTUELLES EN MATIÈRE D'ÉTHANOL ET DEMANDE POTENTIELLE SUR CERTAINS MARCHÉS

Les graphiques ci-dessous donnent un aperçu des politiques actuelles en matière d'éthanol dans une sélection de pays d'Afrique et d'Asie, ainsi que de la demande potentielle d'éthanol si une obligation de mélange E10 était mise en œuvre (estimée à 10% de la demande actuelle d'essence).

**En Afrique :** L'Éthiopie, le Kenya, le Malawi, l'Afrique du Sud et le Zimbabwe ont déjà introduit l'éthanol comme composant de mélange, et des politiques de mélange d'éthanol sont en cours de discussion en Angola, au Nigéria, à Maurice, au Mozambique, au Soudan et en Zambie.

Figure 14 : Impacts potentiels de l'introduction de l'E10 dans certains pays d'Asie (estimations approximatives).



La consommation d'essence étant généralement faible dans ces pays, il est possible que la production d'éthanol à partir de mélasses provenant d'installations nationales de traitement de la canne à sucre soit suffisante pour mettre en œuvre des programmes de mélange E10.

**En Asie :** La Chine, l'Inde, l'Indonésie, les Philippines, le Pakistan et le Vietnam ont déjà introduit des programmes de mélange d'éthanol ou envisagent de le faire, de sorte que le marché de l'éthanol devrait se développer. La croissance est prévue en particulier sur les marchés bien établis de la Chine et de l'Inde. Une politique de l'éthanol comme carburant pour le transport n'est pas envisagée actuellement en Afghanistan ou au Myanmar.

# Des cuisinières au bioéthanol pour protéger la santé et réduire les émissions de carbone

## LES INCONVÉNIENTS DES COMBUSTIBLES TRADITIONNELS DE CUISSON ET L'ÉTAT ACTUEL DE LA CUISSON PROPRE

Chaque jour, 2,8 milliards de personnes cuisinent leurs repas en utilisant des combustibles traditionnels polluants issus de la biomasse.<sup>2</sup> Outre les effets négatifs majeurs de la pollution de l'air intérieur sur la santé, le dioxyde de carbone provenant de la cuisson est l'une des principales contributions des pays en développement au réchauffement de la planète.

La fumée des poêles à bois et à charbon est à l'origine de 4 millions de décès chaque année et est source de maladies telles que la cataracte, des maladies pulmonaires et cardiovasculaires. L'éthanol comme combustible de cuisson propre associé à des fourneaux propres, sûrs et performants, crée des conditions de vie plus saines pour les ménages des pays en développement, car il brûle proprement, sans fumée ni suie, ce qui réduit les effets nocifs sur la santé. L'éthanol est une option de combustible de cuisson en train d'émerger aujourd'hui dans plusieurs pays en développement, avec des initiatives de cuisson à l'éthanol en cours au Brésil, en Éthiopie, en Haïti, au Kenya, à Madagascar, au Mozambique, au Nigéria et en Tanzanie.

En outre, alors que certaines régions du monde sont confrontées à une déforestation croissante, les femmes - qui sont en grande partie chargées de la cuisine et de la collecte de combustible dans les communautés utilisant des techniques de cuisson traditionnelles - doivent parcourir des distances de plus en plus grandes pour ramasser le bois nécessaire à la cuisson. **Les déplacements pour aller chercher du bois combustible sont dangereux car les femmes risquent d'être victimes de violences ou d'agressions sexuelles, en particulier dans les régions en conflit. Les longues heures consacrées à cette activité empêchent les femmes et les filles de poursuivre leurs études ou d'avoir une source de revenus.**<sup>3</sup>

Malgré ces problèmes, depuis 2010, seules de petites améliorations dans l'accès à la cuisson propre ont été réalisées. Le taux de croissance annuel de l'accès aux combustibles et aux techniques de cuisson propres a été inférieur à 1% entre

2010 et 2018 car la croissance démographique a dépassé le nombre de personnes ayant accès à ces techniques. Bien que l'Asie (principalement l'Asie de l'Est et l'Asie du Sud-Est) ait réalisé des progrès notables et que le nombre de personnes n'ayant pas accès à une cuisson propre soit passé de 1,0 milliard à 0,8 milliard, en Afrique subsaharienne, la croissance stagnante de l'accès, combinée à une croissance démographique rapide, a entraîné une augmentation du nombre de personnes sans accès, qui est passé de 750 millions à 890 millions.

De 2014 à 2018, 20 pays représentaient plus de 80% de la population mondiale n'ayant pas accès à une cuisson propre. Les 19 de ces 20 pays avec le pourcentage le plus faible de la population ayant accès à une cuisson propre étaient les pays les moins développés d'Afrique.

2. Sources de données dans cette section : AIE, IRENA, UNSD, Banque mondiale, OMS, 2020

3. Projet Gaia, "The problem" <https://projectgaia.com/our-approach/the-problem/>



Bien que le gaz de pétrole liquéfié (GPL) reste dominant dans la croissance du marché des différentes solutions de cuisson propre, d'autres technologies telles que les fourneaux à biomasse, les cuisinières à biogaz et solaires, et la cuisson électrique se déploient et sont pilotées dans de nombreux pays en développement. On estime que 125 millions de personnes dans le monde ont utilisé du biogaz pour cuisiner en 2018, la plupart en Asie (dont 111 millions en Chine et 9 millions en Inde). La production de biogaz en Afrique a augmenté de près de 40% entre 2014 et 2018, pour atteindre environ 46 millions de mètres cubes, principalement dans les cinq pays engagés dans le Programme de Partenariat pour le Biogaz en Afrique (ABPP) : au Burkina Faso, en Éthiopie, au Kenya, en Tanzanie et en Ouganda.<sup>4</sup>

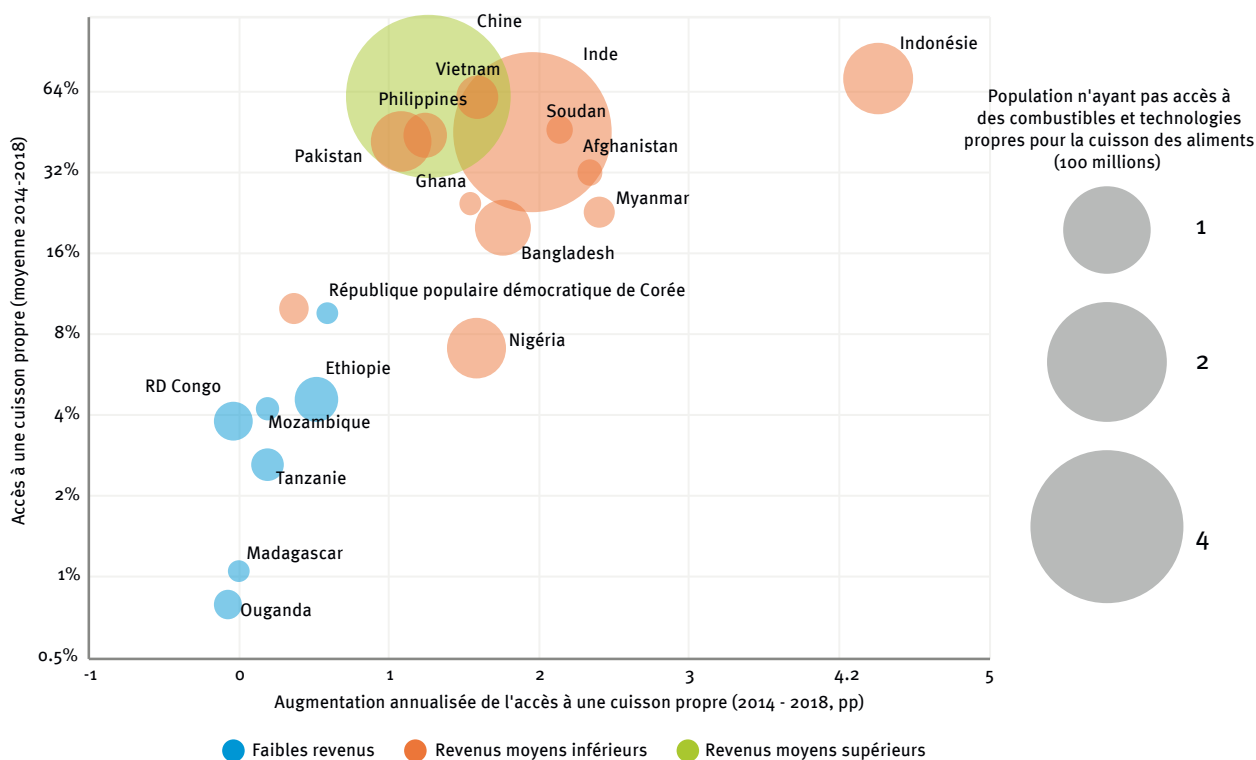


Figure 15 : Les 20 pays manquant le plus d'accès à la cuisson propre, entre 2014 et 2018. (AIE, IRENA, UNSD, Banque Mondiale, OMS, 2020)

Parmi les pays à revenus faibles et intermédiaires, l'utilisation de combustibles gazeux (GPL, gaz naturel ou biogaz) a augmenté de manière constante, passant de 30% en 1990 à 40% en 2018, dépassant les combustibles de biomasse non transformés (comme le bois, les déchets de culture et les excréments, mais pas le charbon de bois) pour devenir le principal type de combustible de cuisson au cours de la dernière décennie.

Associés à des fourneaux sûrs et performants, les carburants à base d'alcool à combustion propre - dont l'éthanol - créent des conditions de vie plus saines pour les ménages des pays en développement. L'éthanol est une nouvelle option de combustible de cuisson dans un certain nombre de pays, que ce soit sous sa forme liquide ou sous forme de gel. Si l'éthanol sous forme de gel est plus cher, l'éthanol liquide s'est révélé compétitif par rapport au charbon de bois et au bois en Afrique du Sud, en Éthiopie, au Malawi, au Mozambique et au Sénégal (IRENA, 2015), mais son coût d'utilisation finale non subventionné est resté supérieur au prix du kérosène (Banque mondiale, 2014).

4. REN21, 2020

Néanmoins, à l'heure actuelle, l'éthanol est un combustible de cuisson rarement utilisé dans de nombreux pays à revenus faibles ou intermédiaires, comme le montre également l'absence de chiffres officiels et de données actualisées. Dans toute l'Afrique subsaharienne, moins de 6 millions de litres par an sont vendus à des fins de cuisson (chiffre de 2017). Ce chiffre est faible non seulement en termes absolus mais aussi par rapport au nombre de réchauds à l'éthanol qui ont été distribués (70 000-80 000) (ESMAP, 2020).

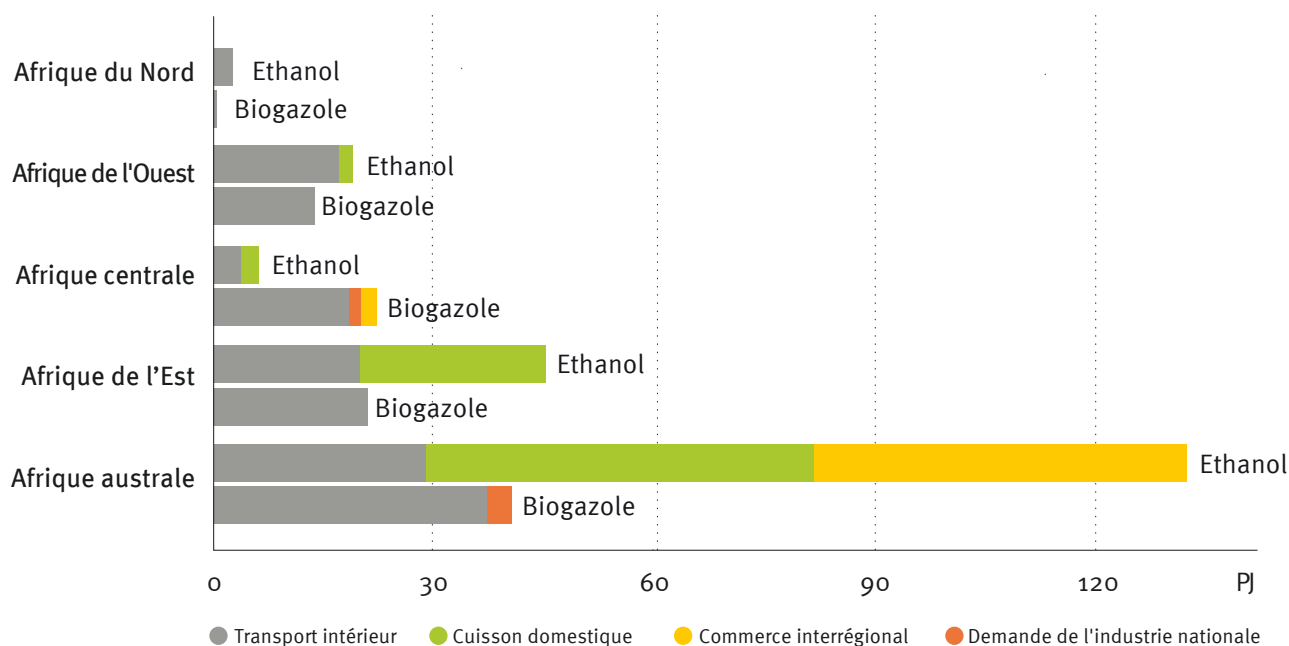


Figure 16 : Utilisation de bioéthanol et de biogazole en 2030 (IRENA, 2015).

### Consommation d'éthanol comme combustible liquide pour la cuisson

Éthiopie	6 millions de litres	Haïti	75.000 à 100.000 litres
Kenya	5 millions de litres	Madagascar	50.000 et 75.000 litres
Brésil	1 million de litres	Nigéria	40 000 litres
Mozambique	300.000 à 400.000 litres	Tanzanie	40.000 litres

Tableau 4 : Consommation d'éthanol comme combustible liquide pour la cuisson

Ces chiffres sont des estimations de la quantité d'éthanol liquide utilisé dans les cuisinières à éthanol à ce jour, sur la base des programmes de cuisson propre en cours. Ils n'incluent pas la consommation d'éthanol sous forme de gel combustible (utilisé dans un certain nombre de pays d'Afrique subsaharienne ainsi qu'en Asie du Sud-Est et dans les Amériques), ni l'éthanol utilisé dans les réchauds à alcool (présents surtout aux Philippines, en Inde, en Indonésie, en Afrique du Sud, dans d'autres pays africains et largement dans les Amériques).

**Ces chiffres montrent que l'éthanol pour la cuisson reste un marché de niche dans les pays en développement, même s'il s'agit d'une opportunité prometteuse en termes d'impact commercial et social, étant donné ses caractéristiques de production uniques.**

## DISTRIBUER DU BIOÉTHANOL COMME COMBUSTIBLE DE CUISSON PROPRE

L'éthanol peut être mis en bouteille et distribué selon deux modèles : en gros ou au détail. Dans le modèle en gros (parfois aussi appelé modèle de la "bouteille scellée"), l'éthanol est conditionné dans des bouteilles en plastique jetables dans une grande installation centrale, et transporté sur le marché par camions. Les petits magasins vendent les bouteilles d'éthanol aux consommateurs, qui les versent dans leur appareil de cuisson (et jettent ensuite la bouteille). Dans le modèle au détail (parfois appelé aussi modèle de "remplissage automatique"), de petits camions-citernes réaménagés transportent l'éthanol en gros vers des réservoirs dédiés dans les stations. Les distributeurs automatiques de carburant installés dans les magasins distribuent de l'éthanol dans des conteneurs réutilisables, que les utilisateurs paient de manière virtuelle (ESMAP, 2020).

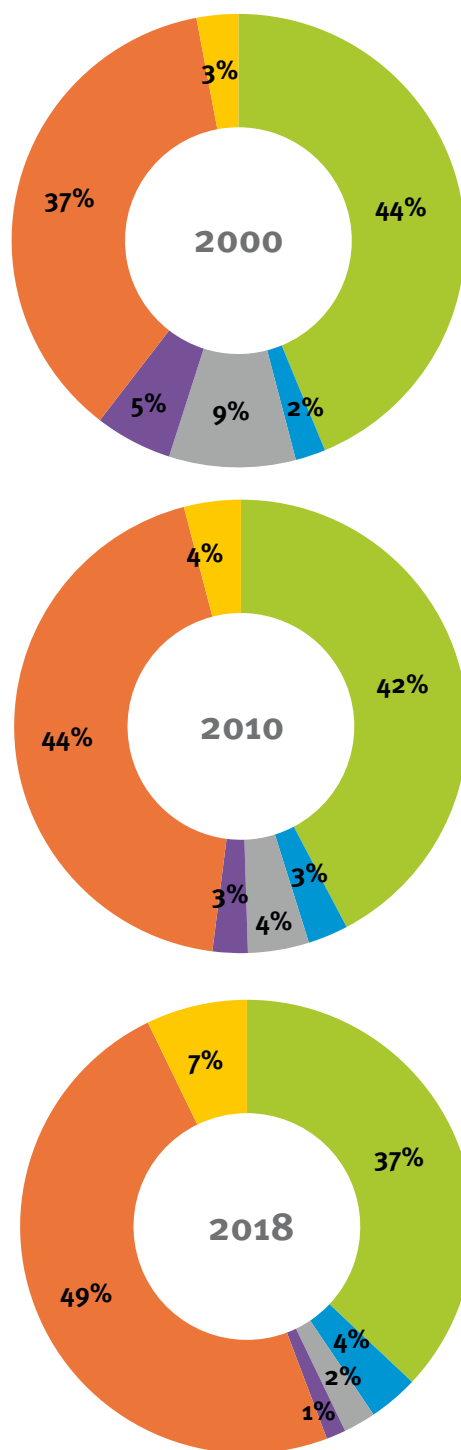
**Le fait que les entreprises investissent considérablement dans le développement de l'éthanol comme combustible de cuisson propre est la preuve évidente de son potentiel.** Les dépenses de R&D dans le secteur de la cuisson propre en 2019 ont été soutenues par les entreprises en phase de démarrage dans les sous-secteurs du gaz de pétrole liquéfié (GPL) et de l'éthanol, qui ont représenté 81% des dépenses totales de R&D du secteur, bien qu'elles ne représentent que 16% des revenus totaux (Clean Cooking Alliance, 2021).

Actuellement, les entreprises et les organisations de cuisson à l'éthanol (qui comprennent les producteurs et fabricants de combustibles et de poêles, les distributeurs et les détaillants), bien que peu nombreuses, sont surtout concentrées en Afrique de l'Est et du Sud-Est et au Brésil.

À l'heure actuelle, l'un des principaux obstacles à l'adoption de l'éthanol comme combustible propre pour la cuisson est le coût énergétique élevé des combustibles propres, qui, combiné au coût des cuisinières, fait que l'éthanol et les autres solutions de cuisson propres telles que le GPL et l'électricité sont inabordables pour la grande majorité des foyers des pays en développement.

## Pourcentage de la population utilisant chaque type de combustible

Pays à faibles et moyens revenus



■ Biomass ■ Charbon de bois ■ Charbon  
■ Kérosène ■ Gaz ■ Électricité

Figure 17 : Comparaison du pourcentage de personnes utilisant chaque type de combustible dans les pays à faibles et moyens revenus en 2000, 2010 et 2018 (AIE, IRENA, UNSD, Banque Mondiale, OMS, 2020).







**L'accès universel à la cuisson propre reste réalisable si de réels efforts sont accomplis : investissements dans les infrastructures, subventions du secteur public, modèles commerciaux innovants et réglementations de soutien.** Des mesures cohérentes peuvent accélérer la transition vers la cuisson propre dans le monde entier, en particulier en Afrique subsaharienne, et protéger un tiers de la population mondiale de conditions néfastes pour la santé et désavantageuses sur les plans sociaux et économiques (AIE, IRENA, UNSD, Banque mondiale, OMS, 2020).

**L'ONUDI fournit déjà une assistance technique pour développer des cadres et des solutions de financement.** Le tableau ci-dessous donne un aperçu complet des recommandations, des mesures et des actions qui peuvent aider à créer un environnement favorable à l'amélioration de l'accès à l'énergie, y compris dans le secteur de la cuisson propre, dans les pays en développement. Il est inspiré des recommandations élaborées par la Commission économique et sociale des Nations Unies pour l'Asie et le Pacifique (CESAP) en 2021.

Tableau 5 : Obstacles et solutions à la transition vers une cuisson propre au niveau mondial

<b>OBSTACLES</b>	<b>SOLUTIONS POUR UNE TRANSITION MONDIALE VERS LA CUISSON PROPRE</b>
— Coût énergétique élevé des carburants propres	— Des subventions ciblées
— Coût de l'investissement des ménages pour acquérir de nouveaux appareils de cuisson	— Investissements dans les infrastructures ; financement innovant aux particuliers (microcrédits, garanties de crédit)
— Absence de chaînes de valeur et de chaîne de distribution	— Mise en place de nouveaux modèles commerciaux
— Intérêts contradictoires	— Environnement législatif favorable

Tableau 6 : Création d'un environnement favorable à un meilleur accès à l'énergie (ESCAP, 2021)

Facteurs	Description
<b>Politique</b> 	<p>Un cadre politique national et local complet qui :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Fixe des objectifs</li> <li>— Établit des stratégies de distribution d'énergie et de technologie pour les zones urbaines et rurales</li> <li>— Ébauche des plans d'action, incite aux changements de comportement et fournit une orientation générale pour le secteur</li> </ul>
<b>Données</b> 	<p>Pour soutenir la prise de décision basée sur les données, il faut des méthodes de collecte de données sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Les modes de consommation d'énergie des ménages et de l'industrie</li> <li>— La disponibilité locale de solutions hors réseau électrique</li> <li>— La disponibilité locale de combustibles de cuisson et de modèles de réchauds</li> </ul>
<b>Réglementation</b> 	<p>Des réglementations, des normes et des certifications doivent être introduites et maintenues, afin de promouvoir des produits de qualité qui répondent aux normes de performance, et éviter l'entrée d'acteurs illégitimes</p>
<b>R&amp;D</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Recherche sur les besoins et les préférences des consommateurs</li> <li>— Infrastructure de développement pour les produits à haute performance</li> <li>— Engagement avec les groupes ciblés d'utilisateurs dans le processus de développement</li> <li>— Évaluations des possibilités de changement de comportement via l'éducation, la disponibilité et l'accessibilité économique des produits</li> </ul>
<b>Financement des infrastructures</b> 	<p>Des financements à moyen et long terme pour les entreprises qui souhaitent investir dans :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Les équipements de production technologique (par exemple, usine de production de réchauds, équipement de granulation, biodigesteurs)</li> <li>— Fourniture et distribution d'énergie (par exemple : transport de produits, connexions de mini-réseaux, opérations locales de vente au détail)</li> <li>— Accès au capital pour les PME, par le biais des banques locales afin de soutenir le développement de la chaîne d'approvisionnement locale.</li> </ul>
<b>Financement de la consommation</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Mécanismes visant à offrir aux utilisateurs finaux des options pour financer l'investissement dans des cuisinières et du combustible : micro-crédits, modèles de consommation prépayée et options de location</li> <li>— L'engagement des institutions de prêt locales en tant que partenaires des programmes d'accès à l'énergie, afin d'élargir le marché des consommateurs pour l'électrification hors réseau et les technologies de cuisson propre</li> <li>— Le financement public est essentiel pour rendre compétitives ces options de cuisson propre lorsque des alternatives moins chères sont disponibles</li> </ul>

Facteurs	Description
<b>Politiques de tarification de l'énergie</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Des mesures fiscales et des subventions efficaces pour que l'énergie soit abordable pour les ménages à faibles revenus.</li> <li>– Des méthodes pour limiter les subventions, afin d'éviter les dépenses excessives du gouvernement.</li> </ul>
<b>Planification et réalisation participatives</b> 	<p>Une collaboration étroite avec les utilisateurs finaux, en particulier les femmes, pendant les phases de conception, de planification et de mise en œuvre des projets énergétiques afin de garantir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Une expérience positive pour l'utilisateur</li> <li>– Une utilisation durable et</li> <li>– Une mise en œuvre adaptée au contexte</li> </ul>
<b>Stratégies de marketing</b> 	<p>Des programmes de sensibilisation du gouvernement pour éduquer les populations aux avantages des options d'énergie propre, et pour augmenter la demande du marché</p>
<b>Changement de comportement</b> 	<p>Identification des principaux facteurs d'influence du comportement des consommateurs.</p> <p>Utilisation de méthodes de communication adaptées au contexte afin d'éduquer, de sensibiliser et d'améliorer l'acceptation sociale d'un produit ou d'un service énergétique.</p>
<b>Chaînes d'approvisionnement et service après-vente</b> 	<p>Service après-vente pour les consommateurs après la vente de technologies hors réseau électrique (off-grid) et de produits de cuisson propres, par exemple la livraison de carburant, la réparation des composants et le soutien opérationnel.</p> <p>Développement de chaînes d'approvisionnement de type vente-fourniture-service (et abandon des programmes de distribution de produits exceptionnels).</p>
<b>Suivi, évaluation et retour d'information</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Planification et mise en place d'un suivi et d'une évaluation réguliers des progrès des programmes énergétiques</li> <li>– Création de circuits de rétroaction impliquant les utilisateurs locaux</li> <li>– Flexibilité du programme pour permettre des ajustements en fonction du retour d'information</li> </ul>

# ÉTUDES DE CAS PAR PAYS : PERMETTRE UNE CULTURE DU BIOÉTHANOL

**CE CHAPITRE** se concentre sur les tentatives de développement des industries et des marchés de l'éthanol dans quatre pays en développement, qui illustrent une série de réussites et d'échecs, et il se penche aussi sur les moteurs et les obstacles rencontrés dans la mise en place de l'éthanol. Les études de cas sont basées sur des recherches documentaires et des entretiens avec des experts nationaux. Chaque section tente de mettre en évidence les leçons apprises et les recommandations pour l'avenir. Il est clair que dans tous les cas, un cadre politique favorable est nécessaire pour soutenir la mise en place de chaînes de valeur durables pour l'éthanol destiné au transport et à la cuisson propre.

<b>Brésil</b> : coupler la production de sucre et de bioéthanol	56
<b>Inde</b> : relever les défis dans un pays très peuplé	60
<b>Thaïlande</b> : le bioéthanol pour soutenir les engagements climatiques	64
<b>Mozambique</b> : des cadres politiques pour préserver la durabilité	68

# Brésil : coupler la production de sucre et de bioéthanol

Grand pays au climat tropical et subtropical, le Brésil a introduit la production et l'utilisation de l'éthanol en 1931, à partir d'une industrie de la canne à sucre existante. L'éthanol est

## BRÉSIL

POPULATION	214 millions
SUPERFICIE	8,52 millions de km <sup>2</sup>
DENSITÉ DE POPULATION	25,6 hab. / km <sup>2</sup>

## CRÉATION D'UNE INDUSTRIE DU BIOÉTHANOL

En 1931, à partir de l'industrie de la canne à sucre existante

2ème plus grand producteur d'éthanol  
AU MONDE

383 USINES D'ÉTHANOL en activité, capacité de production totale de 130 millions de litres par jour d'éthanol et de 239 millions de litres par jour d'éthanol hydraté

Les usines d'éthanol fonctionnent généralement 180 jours par an

FOURNISSEURS LOCAUX d'installations et d'équipements pour la production d'éthanol  
Infrastructure très développée pour l'utilisation de l'éthanol comme carburant de transport 85% DE VÉHICULES FLEX-FUEL (polycarburants) fonctionnant avec n'importe quel mélange d'éthanol et d'essence

INTERVENTIONS POLITIQUES PÉRIODIQUES pour dynamiser le marché et répondre à un environnement en mutation

L'éthanol n'est pas utilisé comme combustible de cuisson au Brésil - le pays a déjà 96% d'accès à la cuisson propre par d'autres moyens

*Statistiques provenant de UNData et du rapport d'étape sur l'énergie des Nations unies.*

principalement produit dans des usines mixtes de sucre et d'éthanol qui peuvent faire varier la production de sucre et d'éthanol en fonction des prix du marché. En outre, la bagasse de canne à sucre (la matière fibreuse qui reste après l'extraction du jus de canne à sucre) est utilisée pour produire de l'électricité verte. Le Brésil a encouragé la recherche dans le domaine des cultures et des pratiques agricoles, des technologies de production d'éthanol et des technologies des moteurs, et presque tous les véhicules individuels du pays sont des véhicules polycarburants (flex-fuel) qui peuvent fonctionner avec n'importe quelle proportion d'éthanol hydraté et d'essence ordinaire.

Le Brésil est le deuxième plus grand producteur d'éthanol au monde (après les États-Unis), et la mise en place réussie d'une industrie de l'éthanol pour le transport en fait une étude de cas idéale. Le gouvernement, l'industrie et le secteur de la recherche ont travaillé ensemble pour permettre le développement du marché. Le contexte politique a évolué au fil des ans, mais il a toujours soutenu le développement de l'économie de l'éthanol. La production d'éthanol est née de l'industrie sucrière nationale, et les deux sont associées avec succès. Les véhicules polycarburants (FFV ou VCM) ont été introduits conjointement avec l'utilisation de l'éthanol comme carburant pour le transport. Le succès du développement du marché a été le résultat de l'application de connaissances tout au long de la chaîne de valeur (production de matières premières, production de sucre, production d'éthanol, conception de moteurs), en association avec des mesures politiques concernant tous les maillons de la chaîne de valeur (Bacovsky, et al., 2020).

## L'ÉTHANOL COMME CARBURANT DE TRANSPORT

En 1931, le Brésil a imposé un mélange obligatoire d'au moins 5% d'éthanol dans l'essence (E5), afin



de réduire la dépendance à l'égard des importations de pétrole et d'absorber la production excédentaire de l'industrie sucrière. Entre 1931 et 1975, la teneur moyenne en éthanol de l'essence brésilienne était de 7,5%.

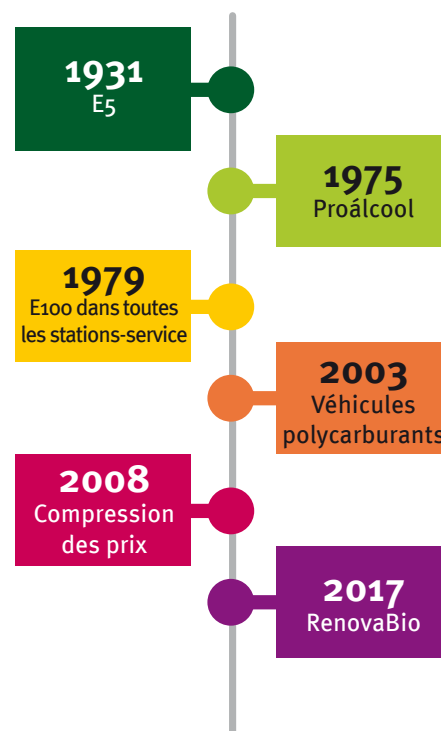
**En 1975, pour faire face à la crise pétrolière, le gouvernement brésilien a mis en place le programme *Proálcool* :** augmentation du mélange d'éthanol dans l'essence jusqu'à 25% (E25) ; niveaux minimums obligatoires d'éthanol hydraté (E100 : 95% d'éthanol, 5% d'eau) à utiliser dans des véhicules spécialement conçus; vente obligatoire d'éthanol hydraté dans les stations-service, le prix à la consommation de l'éthanol étant inférieur à celui de l'essence ; prix compétitifs pour les producteurs d'éthanol ; élaboration de conditions financières favorables pour les moulins afin d'augmenter leur capacité de production ; réduction de la taxe sur les nouveaux achats de véhicules à moteur à combustion interne, réduction des frais d'immatriculation annuels, et création de réserves d'éthanol pour garantir l'approvisionnement tout au long de l'année. L'E100 est disponible dans toutes les stations-service brésiliennes depuis 1979.

**En 1985, le gouvernement brésilien a ré-examiné ses politiques en matière d'éthanol, en raison de la baisse des prix du pétrole et du renforcement des prix internationaux du sucre.** Les rendements financiers moyens dans l'industrie de la canne à sucre ont été réduits et la production de sucre pour l'exportation a été encouragée. En outre, l'aide gouvernementale à l'E100 a été suspendue.

**Les véhicules polycarburants (flex-fuel) ont été commercialisés en 2003 et ont été bien acceptés par les consommateurs.** La consommation d'éthanol hydraté a augmenté et l'industrie de la canne à sucre s'est développée rapidement, grâce à des investissements dans des usines de production de sucre et d'éthanol plus efficaces. Les exportations d'éthanol ont également augmenté, en raison des nouvelles possibilités offertes par l'introduction du mélange d'éthanol dans l'essence au niveau international et de la demande accrue dans le monde. Cependant, en 2008, le secteur brésilien de la production d'éthanol a commencé à souffrir de la baisse de compétitivité des prix et de politiques gouvernementales défavorables.

**En 2017, le Brésil a introduit une législation afin de redynamiser le secteur des biocarburants et d'accroître l'efficacité énergétique. Le nouveau cadre réglementaire, *RenovaBio*, est entré en vigueur en 2020.** Cette politique a pour objectif de respecter les engagements annuels du gouvernement en matière de décarbonisation sur une période minimale de dix ans. La certification de la production de biocarburants se fait au moyen d'une analyse du cycle de vie (ACV), qui débouche sur des certificats de réduction des émissions de gaz à effet de serre "CBIO". Un crédit CBIO correspond à une réduction d'une tonne d'équivalent dioxyde de carbone par rapport aux émissions des combustibles fossiles. Le gouvernement prévoit d'augmenter la production d'éthanol de 30 milliards de litres (mrd l) à environ 50 milliards de litres d'ici 2030 grâce au *RenovaBio* (Mendes Souza, et al., 2019).

## Brésil



## PRODUCTION MIXTE D'ÉTHANOL ET DE SUCRE

**La canne à sucre est la principale matière première pour la production d'éthanol au Brésil.**

Il s'agit d'une matière première idéale en termes de productivité et d'efficacité. Il existe un réseau bien établi de fournisseurs locaux de matériel pour moulins à canne à sucre (pompes, concasseurs, etc.). La bagasse, qui est un dérivé de la production de sucre, peut être utilisée pour produire de l'électricité. L'industrie de transformation de la canne à sucre adapte la part de production de sucre destinée à la production d'éthanol en fonction du marché, le ratio de production étant généralement de 40/60. Toutefois, ce rapport peut être modifié de manière flexible, jusqu'à 75% de part et d'autre.

### La situation actuelle

- La canne à sucre reste la principale matière première pour la production d'éthanol au Brésil.
- En 2018, 383 usines d'éthanol (y compris les usines mixtes de sucre et d'éthanol) étaient en activité, avec une capacité de production totale de 130 millions de litres (M l) d'éthanol et de 239 M l d'éthanol hydraté par jour.
- Les usines d'éthanol fonctionnent généralement 180 jours par an.
- 642 millions de tonnes de canne à sucre ont été produites en 2020. La saison de récolte de la canne à sucre dure généralement six à sept mois et les stocks de canne à sucre ne peuvent pas être conservés car la récolte doit être transformée en quelques jours.
- Afin de pouvoir disposer au maximum de la capacité de production disponible en dehors de la période de récolte, le maïs a également été utilisé pour la production d'éthanol au cours des dernières années. En 2020, 16 usines traitant du maïs ou un mélange de maïs et de canne à sucre étaient en activité, produisant environ 1,620 million de litres d'éthanol, soit 5,4% de la production totale d'éthanol.
- Les véhicules polycarburants produits au Brésil sont ou seront exportés vers 22 pays d'Amérique latine (Horta Nogueira, 2021).
- Deux usines de pointe de production d'éthanol et une usine de démonstration étaient en activité en 2019, avec une capacité annuelle totale de 127 M l. Ces usines de pointe de production d'éthanol fonctionnent en dessous de leur capacité.
- La réglementation du marché brésilien a été actualisée pour permettre l'utilisation de biocarburants dans l'aviation.
- L'éthanol n'est pas utilisé à des fins de cuisson (Mendes Souza, et al., 2019).

Les obligations en matière de mélange d'éthanol (% d'éthanol mélangé à l'essence, en volume) sont passées de 18% à 27,5% au cours de cette période, avec un niveau actuel de 27% (E27). En 2018, la part de l'éthanol dans le mélange de carburants utilisé par les véhicules légers a atteint 50,2%.

**Toutes les stations-service du Brésil vendent un mélange d'éthanol à une pompe et de l'éthanol pur à une autre.**

**Le Brésil a mis en place des incitations fiscales pour les producteurs, les mélangeurs et les utilisateurs de biocarburants, incluant des incitations fiscales pour les véhicules flex-fuel et pour le carburant à l'éthanol.** Des fonds pour la science et la technologie sont également utilisés pour stimuler la production et l'utilisation des biocarburants ainsi que des investissements en R&D.

**Le changement d'utilisation des sols (LUC) consécutif à la culture des matières premières est une préoccupation au Brésil.** Une évaluation récente, dans l'hypothèse d'une augmentation de la demande mondiale d'éthanol à 26 milliards de litres d'ici 2030, a conclu que 3,7 millions d'hectares supplémentaires de canne à sucre doivent être cultivés en 2030 par rapport à 2012, ce qui représente 0,4% du territoire national. La cartographie et le zonage des terres peuvent limiter les dommages causés par le changement d'affectation des terres (LUC), en déterminant les meilleures zones pour les différentes cultures et les zones pour la conservation de l'environnement, tout en tenant compte des droits d'utilisation des terres. L'augmentation de la productivité agricole, parmi d'autres mesures, peut réduire de manière significative la perte de biodiversité naturelle ainsi que les émissions de gaz à effet de serre liées à l'utilisation du sol.<sup>1</sup>

#### **Résumé : les moteurs et les facteurs de réussite - l'éthanol comme carburant pour les véhicules au Brésil**

- Les principaux moteurs du développement de l'industrie de l'éthanol au Brésil concernaient la sécurité énergétique et les facteurs économiques
- Plus récemment, les programmes gouvernementaux ont été revus pour répondre aux préoccupations sociales et environnementales
- Principaux facteurs de réussite :
  - Les principales mesures politiques établissent un cadre qui encourage et soutient le développement de l'offre et du marché
  - Obligation de mélange d'éthanol dans l'essence
  - Conditions favorables à la production d'éthanol (industrie sucrière bien développée)
  - Une industrie automobile bien installée
  - Centres de recherche sur la bioénergie
  - Coopération de la compagnie pétrolière nationale

<sup>1</sup> Van der Hilst et al., 2018

# Inde : relever les défis dans un pays très peuplé

L'Inde connaît une croissance rapide de sa demande énergétique. Afin de répondre à la demande du secteur des transports, l'éthanol a été introduit en 2003 comme composant de mélange dans les carburants destinés aux véhicules. Depuis lors, d'autres mesures politiques ont abouti à un objectif de mélange de 10% d'éthanol dans l'essence d'ici 2022 et de 20% d'ici 2030. Un défi majeur dans ce pays très peuplé est d'équilibrer l'utilisation des terres destinées à la production alimentaire et celles destinées aux cultures de biocarburants.

Alors que l'accès à l'électricité a récemment été réalisé à l'échelle nationale, l'accès à une cuisson propre n'a fait des progrès importants qu'au cours de ces dernières années. L'action du gouvernement en matière de cuisson propre s'est essentiellement concentrée sur le gaz de pétrole liquéfié (GPL). Pour garantir une concurrence équitable pour l'éthanol, il est nécessaire de mettre en place un système de soutien gouvernemental pour lancer l'éthanol comme combustible de cuisson tout aussi propre mais plus respectueux de l'environnement, éventuellement en l'associant au méthanol.

## INDE

POPULATION	1,393 million
SUPERFICIE	3,29 millions de km <sup>2</sup>
DENSITÉ DE POPULATION	468,7 hab./ km <sup>2</sup>

2<sup>ème</sup> pays le plus peuplé du monde

**MÉLANGE D'ÉTHANOL** dans les carburants pour le transport depuis 2003

**L'ACCÈS À LA CUISSON PROPRE** est passé de 22% en 2000 à 64% en 2019

Les programmes de cuisson propre se sont concentrés sur le GPL.

Le potentiel de l'éthanol pour créer un accès complet à la cuisson propre est encore trop peu exploité.

*Statistiques de UNData et du Rapport de l'ONU sur les progrès de l'énergie renouvelable*

Avec près de 1,4 milliard d'habitants, l'Inde est le pays le plus peuplé du monde après la Chine et sa densité de population avoisine les 469 habitants au kilomètre carré. Cela pose d'énormes défis pour la production et l'utilisation de l'énergie. Si les filières de l'éthanol contribuent déjà à l'approvisionnement en énergie en Inde, elles pourraient jouer un rôle encore plus important à l'avenir, tant dans le secteur des transports que dans les techniques de cuisson.

**En Inde, l'éthanol est principalement produit à partir d'olives, mais une partie provient de céréales alimentaires excédentaires comme le maïs et le manioc (AIE, 2021).** Une publication récente résume les diverses mesures prises pour promouvoir les carburants de pointe destinés aux transports, notamment une politique de soutien aux bioraffineries d'éthanol de deuxième génération et à l'éthanol cellulosique.<sup>2</sup>

## LE BIOÉTHANOL COMME CARBURANT POUR LES TRANSPORTS

L'Inde a introduit l'utilisation de l'éthanol comme carburant automobile en 2003, avec un mélange obligatoire de 5% d'éthanol dans neuf grands États producteurs de sucre et quatre territoires de l'Union. Cette obligation de mélange a été rendue facultative en

2. Gutpa et al., 2020

octobre 2004 en raison d'une pénurie d'éthanol, puis reprise en octobre 2006, avec une augmentation progressive jusqu'à 10%. Depuis lors, le pays s'est efforcé d'établir un quota de mélange en hausse dans tout le pays.

**La politique nationale sur les biocarburants a été lancée en 2008.** Un niveau de mélange de bioéthanol de 5% dans l'essence a été proposé à l'échelle nationale à partir d'octobre 2008, avec un objectif de 20% avant 2017 (qui n'a pas été atteint). Le programme gouvernemental Pétrole Mélangé à l'Éthanol (EBP) a permis la distribution et la vente d'E10. En ce qui concerne l'approvisionnement en éthanol pour l'année 2019-20, l'objectif de 5% de mélange dans l'essence a été atteint, et le gouvernement a fixé l'objectif à 10% d'ici 2022 et à 20% d'ici 2030<sup>3</sup>.

#### Les défis du bioéthanol comme carburant de transport en Inde<sup>4</sup>

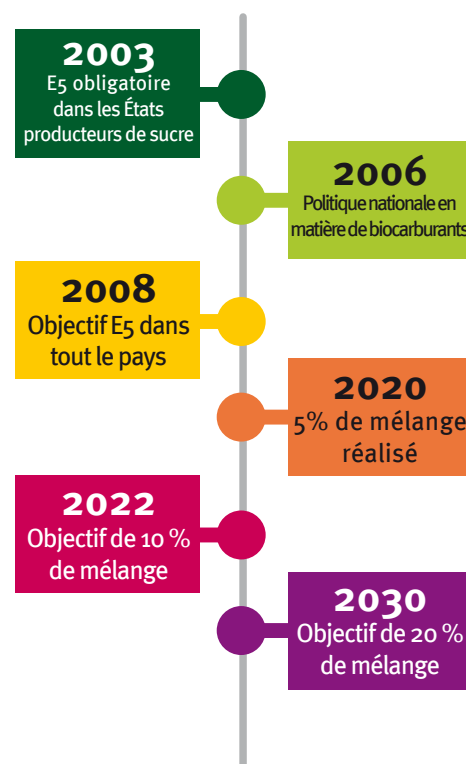
- **Barrières économiques :** La production de biocarburants est encore coûteuse. Des améliorations pourraient être apportées au cadre externe pour stimuler la production.
- **Barrières techniques :** La qualité des carburants n'est pas encore constante et les technologies de conservation de certains biocarburants sont encore peu développées (par exemple, pour les biocarburants synthétiques).
- **Barrières commerciales :** Des normes de qualité doivent encore être instaurées pour certains biocarburants.
- **Barrières liées aux infrastructures :** De nouvelles infrastructures ou des modifications aux infrastructures existantes sont nécessaires pour les différents biocarburants, notamment pour l'utilisation de l'hydrogène vert et du biométhane.
- **Barrières éthiques :** Dans de nombreuses régions, les cultures de sources de biomasse peuvent entrer en concurrence avec les cultures alimentaires, ce qui nécessite une gestion attentive.
- **Barrières liées aux connaissances :** les biocarburants et leurs avantages doivent être mieux connus du grand public, mais aussi des décideurs et des hommes politiques.
- **Barrières politiques :** Les gouvernements subventionnent encore le kérosène, ce qui favorise l'utilisation inefficace et parfois illégale de ce combustible fossile. L'utilisation de biocarburants serait tout aussi bénéfique, voire plus, pour la population ciblée.
- **Conflits entre groupes d'intérêts :** Les conflits internes entre les "promoteurs" des biocarburants de première et de deuxième génération pourraient affaiblir leur développement global.

### LE BIOÉTHANOL COMME COMBUSTIBLE DE CUISSON PROPRE

L'éthanol représente une excellente option pour l'Inde en termes d'accès à une cuisson propre, mais il est en concurrence avec d'autres technologies. Si l'électrification de l'Inde progresse bien (voir la Figure 9), l'Agence internationale de l'énergie (AIE) affirme que la transition complète vers la cuisson propre est l'un des prochains grands défis de l'Inde. L'accès à une cuisson propre n'est pas seulement une question de disponibilité technique : il englobe également des questions d'adéquation, de fiabilité, de commodité, de sécurité et d'accessibilité financière (AIE, 2021).

3. <https://vikaspedia.in/energy/energy-basics/ethanol-as-fuel>

4. Blanchard, et al., 2015



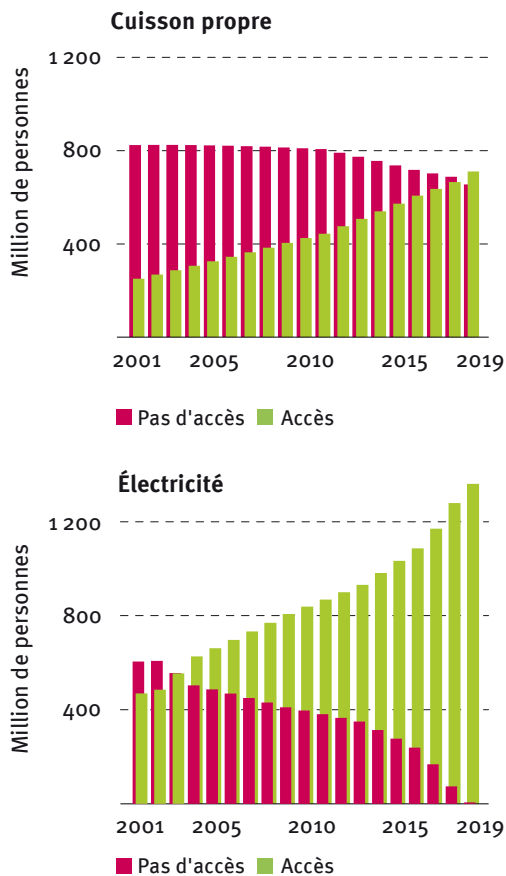


Figure 18 : Accès à l'électricité et à la cuisson propre en Inde

L'Inde a raccordé près d'un demi-milliard de personnes au réseau électrique au cours de la dernière décennie ; l'accès universel à une cuisine propre est le prochain grand défi (AIE, 2021).



Figure 19 : Réchaud à l'éthanol en fonctionnement à Namrup, Inde (Projet Gaia)

**En Inde, environ 400 millions de personnes sont exposées à la pollution de l'air intérieur due aux feux de cuisson.** Le projet Gaia,<sup>5</sup> une organisation internationale à but non lucratif qui se consacre à l'amélioration de l'accès à une cuisson propre, indique que plus de deux tiers des foyers indiens utilisent encore des combustibles solides traditionnels tels que le bois, les résidus agricoles et la bouse de vache pour cuisiner. Si les foyers urbains progressent dans la conversion à des combustibles plus propres, les progrès sont plus lents dans les foyers ruraux. 85% des foyers ruraux dépendent des combustibles solides traditionnels.

**Les mesures les plus importantes prises par le gouvernement pour élargir l'accès à la cuisson propre se sont concentrées sur un programme visant à fournir des raccords subventionnés au GPL, touchant plus de 77 millions de ménages en août 2019.** Une étude récente affirme que 94% des ménages indiens disposent d'un raccordement au GPL à partir de 2019 ; néanmoins, dans six des États les plus défavorisés en matière d'accès à l'énergie, seul un tiers environ de la population rurale utilise le GPL comme principal combustible de cuisson (Patnaik et al., 2019).

**Le projet Gaia souligne que le méthanol et l'éthanol sont tous deux des solutions appropriées pour les combustibles de cuisson en Inde.** Le méthanol peut être produit à partir de déchets provenant de la biomasse, de déchets urbains solides, ainsi que de gaz naturel et des vastes réserves de lignite du pays. La production d'éthanol à petite échelle, dans les fermes et les villages, pourrait être la solution pour fournir des carburants liquides propres aux communautés rurales. Les micro-distilleries d'éthanol (EMD) peuvent être possédées et exploitées par et au sein des communautés, leur fournissant non seulement une énergie de cuisson propre mais aussi des opportunités économiques. Ces EMD peuvent utiliser des matières premières autrement gaspillées, comme les noix de cajou et d'autres fruits tels que la goyave, la mangue et le fruit du jacquier, pour produire un combustible de cuisson propre. CTxGREEN, partenaire de Gaia, a déjà obtenu des résultats positifs avec son modèle de production de «biocarburant au village» dans l'État d'Odisha, ainsi qu'avec l'utilisation du réchaud CleanCook.

5. <https://projectgaia.com/projects/india/>

**Le projet Gaia souligne en outre que l'éthanol et le méthanol sont deux produits dont l'utilisation n'est pas exclusive l'une de l'autre.** Une fois qu'ils sont mélangés, l'efficacité de la combustion de l'éthanol peut être améliorée et l'on obtient un contenu énergétique plus important qu'avec l'éthanol seul. D'un point de vue fiscal et pratique, une économie de carburant à base de méthanol rendrait la production d'éthanol à petite échelle pour la cuisine plus réalisable, car elle fournirait une infrastructure de carburant dans laquelle l'éthanol pourrait s'intégrer.

#### **Défis : l'éthanol comme combustible de cuisson en Inde**

- L'accès à une cuisine propre reste un défi dans plusieurs régions d'Inde, et des mesures politiques doivent être prises pour permettre une amélioration dans ce domaine .
- L'éthanol est encore considéré comme une solution prometteuse dans le secteur des transports, alors que pour la cuisson propre, l'accent a été mis sur l'élargissement de l'accès au GPL et à l'électricité.
- Cela montre que les propriétés prometteuses de l'éthanol en tant que combustible de cuisson propre ont été négligées - en particulier, qu'il s'agit d'un combustible renouvelable et qu'il peut être produit dans des micro-distilleries.
- La cuisson à l'éthanol est plus conviviale et plus pratique pour les consommateurs, et pour leur permettre d'en profiter, il faut mettre en place des incitations similaires à celles mises en place pour le GPL, qui est un combustible fossile.
- Afin de développer une industrie de l'éthanol pour la cuisson, l'accès au financement pour les distributeurs locaux de réchauds et les petits producteurs d'éthanol doit être soutenu.
- Malgré les progrès importants réalisés en Inde en matière de techniques de cuisson avancées, certaines régions du pays sont encore en retard. Dans ces régions, l'application de l'éthanol comme combustible de cuisson offre une solution.



# Thaïlande : le bioéthanol pour soutenir les engagements climatiques

La promotion des biocarburants est l'une des mesures prises par la Thaïlande pour honorer ses contributions déterminées au niveau national (CDN) dans le cadre de l'accord de Paris. L'éthanol a été introduit comme composant de mélange dans les carburants de transport en 2001, en raison de son indice d'octane élevé et pour contribuer à l'élimination progressive de l'essence au plomb. La production d'éthanol étant plus coûteuse que celle de l'essence, des subventions sont accordées par le Fonds pétrolier d'État pour rendre les mélanges E10 compétitifs en termes de coût à la pompe.

L'éthanol est principalement produit à partir de mélasse et de manioc. Les importations et les exportations d'éthanol sont limitées et nécessitent un accord du gouvernement. Afin de ne pas compromettre la sécurité alimentaire, la capacité de production nationale de matières premières est soigneusement contrôlée au regard de la demande nationale d'éthanol.

## THAÏLANDE

POPULATION	70 millions
SUPERFICIE	513 000 km <sup>2</sup>
DENSITÉ DE POPULATION	136,9 hab./ km <sup>2</sup>

80% DE LA POPULATION a accès à une cuisson propre (le GPL a favorisé cet accès)

27 USINES D'ÉTHANOL en fonctionnement avec une capacité de production de 2 300 millions de litres par an

E10, E20, ET E85 largement disponibles et à prix subventionné - 96% des ventes d'essence étaient des mélanges d'éthanol en 2018

Appui du gouvernement pour la fabrication et la vente de véhicules fonctionnant avec des mélanges à forte teneur en éthanol

*Statistiques provenant de UNData et du rapport d'étape sur l'énergie des Nations unies.*

Lors de la conférence de Paris sur le climat en 2015, la Thaïlande s'est engagée à réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 110 à 140 millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> (20 à 25% des émissions de 2015) d'ici à 2030. Le plan d'action de la Commission Nationale pour le Développement Durable, publié en 2016, a pour objectif de réduire les émissions de 113 millions de tonnes dans les secteurs de l'énergie et des transports. Parmi les mesures prévues par la feuille de route figurent la promotion des biocarburants et l'augmentation des énergies renouvelables dans les foyers.

L'objectif de la politique énergétique de la Thaïlande est de garantir la sécurité de l'approvisionnement en énergie, de maintenir des prix équitables et de réduire la pollution. Le pays publie et revoit périodiquement son plan de développement des énergies alternatives (AEDP). Les objectifs globaux de l'AEDP 2015 étaient que 30% de la consommation totale d'énergie provienne des énergies renouvelables d'ici 2036, les biocarburants contribuant à 6,65% du mix énergétique, tandis qu'une part de biocarburants de 25% de la consommation totale de carburant est visée d'ici 2036. En outre, un objectif de consommation annuelle d'éthanol de 4,1 milliards de litres d'ici 2036 a été fixé (contre 1,2 milliards de litres en 2015) ; en 2018, cet objectif ambitieux a été revu à la baisse, à 2,7 milliards de litres.



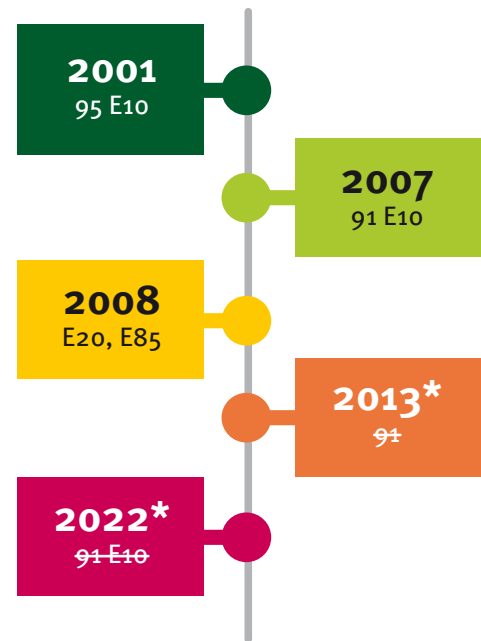
## Thaïlande

### La production d'éthanol a pour objectif de fournir un carburant de transport respectueux de l'environnement.

En 2017, les principales matières premières utilisées pour la production d'éthanol en Thaïlande étaient la mélasse (60%, environ 868 millions de litres), le manioc (35%, environ 523 millions de litres) et la canne à sucre (5%, environ 71 millions de litres). En 2018, la proportion d'éthanol obtenu à partir de manioc a diminué, car les prix du manioc ont augmenté, tandis que la proportion d'éthanol obtenu à partir de mélasse a augmenté. Les usines de production d'éthanol utilisant la canne à sucre comme matière première fonctionnaient à pleine capacité. D'autres usines de production d'éthanol sont prévues.

### La productivité agricole pour les biocarburants est inférieure à l'objectif fixé par le plan de développement des biocarburants de la Thaïlande.

Le rendement moyen de la canne à sucre oscille entre 44 et 75 tonnes par hectare (t/ha), alors que l'objectif est de plus de 94 t/ha. Pour le manioc, le chiffre est d'environ 22 t/ha, alors que l'objectif est de 31 t/ha<sup>8</sup>. Cependant, la Thaïlande exporte du manioc, ce qui indique que les approvisionnements alimentaires du pays ne pâtissent pas de la production d'éthanol.



\* L'essence sans plomb 91 a été supprimée en 2013 et le SP91 E10 en 2022.

## LE BIOÉTHANOL COMME CARBURANT POUR LES TRANSPORTS

Le gouvernement encourage les mélanges d'éthanol par le biais d'incitations financières dans les stations-service, qui sont financées par le Fonds pétrolier d'État. Un mélange d'éthanol à 10% dans l'essence (E10) est 20% moins cher que l'essence ordinaire (95), et les mélanges E20 et E85 sont 30 à 40% moins chers. Le gouvernement a également instauré une réduction des droits d'accise pour les voitures pouvant fonctionner au E20 et au E85. L'AEDP ne fixe pas d'objectifs de production pour les biocarburants de deuxième et troisième génération, mais des recherches sont menées dans les universités sur ce sujet. En 2020, environ 4 700 stations-service proposaient de l'E20 et 1 300 stations-service proposaient de l'E85.<sup>9</sup>

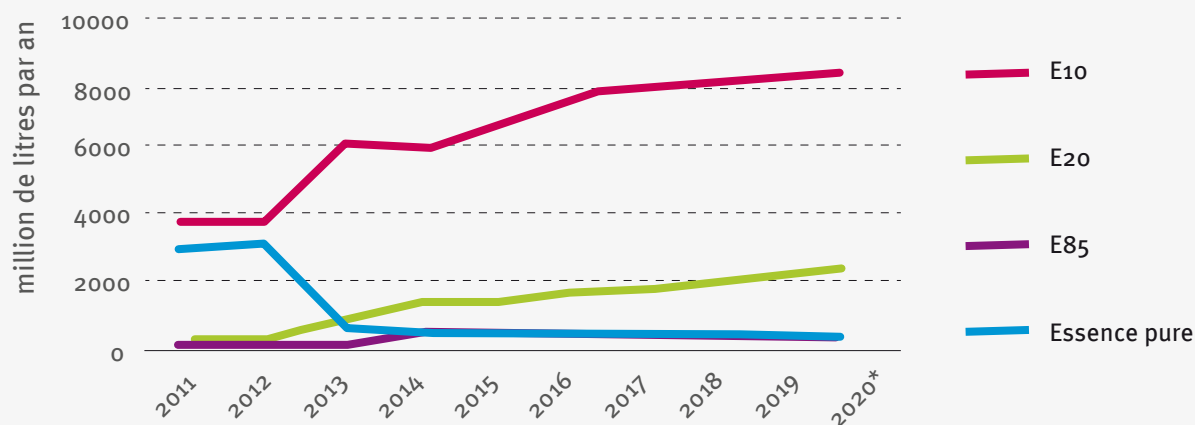
### La situation actuelle

- 27 usines produisant de l'éthanol principalement utilisé comme carburant pour les transports.
- La capacité totale de production d'éthanol est d'environ 2 300 millions de litres par an.
- La Thaïlande suit la norme ASTM pour l'éthanol (pur à 99,5%).
- En 2017, la production d'éthanol s'est élevée à 1 461 millions de litres (environ 80% de la capacité à ce moment-là).
- La production a légèrement dépassé la demande ces dernières années. L'éthanol n'est pas importé pour être utilisé comme carburant de transport, et les exportations sont marginales.

<sup>8</sup> [http://www.ocsb.go.th/th/board\\_enactment/mission.php?id=254&SystemModuleKey=mission](http://www.ocsb.go.th/th/board_enactment/mission.php?id=254&SystemModuleKey=mission)

<sup>9</sup> Wuttimongkolchai, 2021

Figure 20 : Évolution de la consommation d'essence et d'éthanol en Thaïlande en millions de litres par an.

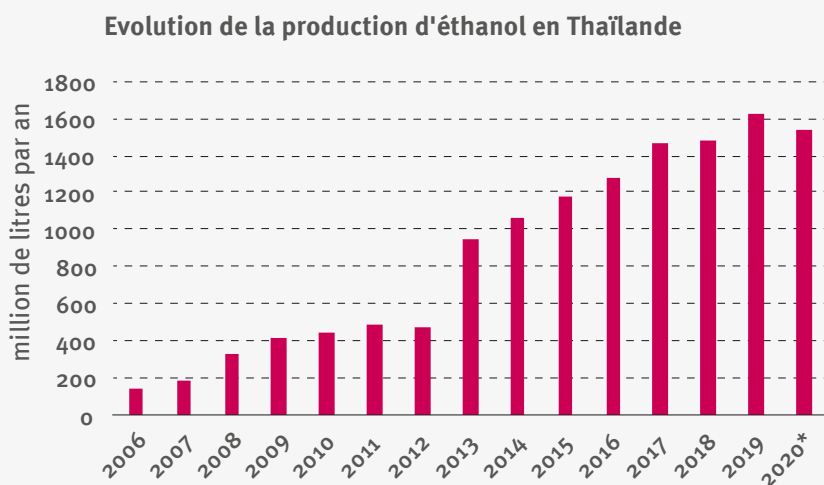


**En 2018, les mélanges d'éthanol représentaient environ 96% des ventes totales d'essence.** La figure 20 montre l'évolution de la consommation d'essence et d'éthanol en Thaïlande. Le gouvernement avait prévu d'éliminer 91 essences mélangées à 10% d'éthanol (91 E10) d'ici 2022, la consommation d'E20 augmentant en conséquence. Cependant, des doutes concernant la disponibilité de la biomasse pour produire l'éthanol nécessaire à la demande d'E20 ont entraîné le report de la décision de renforcer l'E20 en supprimant l'E10.

**Néanmoins, grâce aux incitations financières, la consommation globale d'éthanol continue de croître.** La demande d'essence, y compris les mélanges à base d'éthanol, devrait diminuer à moyen et long terme en raison de la commercialisation des véhicules électriques (avec un objectif de 1,2 million de véhicules sur les routes d'ici 2036), ainsi que de la construction de lignes ferroviaires à double voie et du déploiement de trains à grande vitesse au cours des cinq prochaines années.<sup>10</sup>

En Thaïlande, le GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) est utilisé pour la cuisson propre plutôt que l'éthanol (Wuttimongkolchai, 2021).

Figure 21 : Évolution de la production d'éthanol en Thaïlande (millions de litres) \*Prévision



10. Prasertsri & Chanikornpradit, 2020

## **Résumé : moteurs et défis - l'éthanol comme carburant automobile en Thaïlande**

- Le développement de l'industrie de l'éthanol en Thaïlande repose sur l'engagement du gouvernement à réduire les gaz à effet de serre.
- Le développement de l'éthanol favorise aussi une stratégie énergétique globale qui vise à garantir la sécurité de l'approvisionnement en énergie et des prix équitables, et à réduire les importations de pétrole.
- Dans les conditions actuelles, l'approvisionnement en matières premières pour l'éthanol (mélasse, manioc) pourrait ne pas être suffisant pour atteindre les objectifs de consommation de biocarburants de la Thaïlande en 2036.
- Il faut encourager le public à accepter les carburants de substitution de façon à éliminer les obstacles à la progression de l'utilisation du E20 et du E85.

# Mozambique : des cadres politiques pour préserver la durabilité

En raison de conditions biophysiques favorables, d'un secteur de production de sucre bien développé et d'un cadre politique et réglementaire existant, le Mozambique possède un grand potentiel pour le développement d'une industrie nationale de l'éthanol. Dans l'ensemble, la disponibilité des terres ne devrait pas constituer une contrainte pour la culture des matières premières destinées à la production d'éthanol. La disponibilité des terres ne semble pas être un obstacle à la culture des matières premières pour la production d'éthanol. En mai 2009, le Mozambique a présenté sa politique et sa stratégie nationales en matière de biocarburants: elles fournissent des lignes directrices pour le développement d'une industrie des biocarburants. Et Maputo, la capitale du Mozambique, a été la première grande ville d'Afrique subsaharienne à bénéficier de la commercialisation à grande échelle de l'éthanol pour la cuisson propre, grâce à une initiative du secteur privé.

## MOZAMBIQUE

POPULATION	32 millions
SUPERFICIE	799 000 km <sup>2</sup>
DENSITÉ DE POPULATION	40,9 hab./ km <sup>2</sup>

Des cadres politiques ont été élaborés, mais les investissements sont insuffisants.

DES ENTREPRISES PRIVÉES ont contribué au développement de la production et de la distribution d'éthanol à des fins de cuisson à Maputo.

SEULEMENT 5% de la population a accès à une cuisson propre.

Industrie de la canne à sucre bien développée

Mise en place d'une modélisation sensible de l'utilisation des sols pour la culture de plantes énergétiques

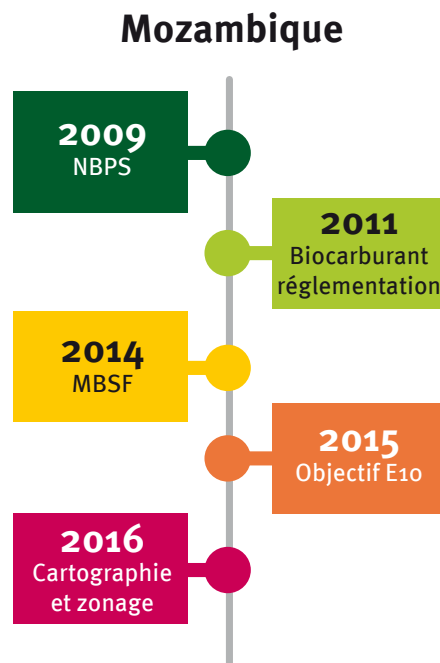
Les principaux objectifs du Mozambique, en encourageant activement l'introduction des biocarburants, étaient de réduire les sorties de devises, de limiter l'impact environnemental d'un secteur des transports en pleine croissance, de réduire la dépendance à l'égard des prix volatils du pétrole et de contribuer au développement rural en créant des emplois et en augmentant les possibilités de revenus.<sup>11</sup>

## LE BIOÉTHANOL COMME CARBURANT POUR LES TRANSPORTS

En 2009, le gouvernement du Mozambique a publié sa **Politique et Stratégie Nationales en matière de Biocarburants (NBPS)**, avec une vision claire concernant le développement du secteur des biocarburants du pays pour soutenir la sécurité énergétique et le développement durable sur le plan social et économique. Un règlement sur les biocarburants a été approuvé en 2011 concernant la production, le stockage, la distribution et la vente, ainsi que l'introduction de mélanges de biocarburants (E10, B3) dans les carburants fossiles d'ici 2015. Des normes nationales ont été établies pour différents biocarburants, ainsi que des réglementations techniques et d'autres relatives aux licences. Le but était de créer un cadre favorable pour encourager les investissements nationaux et internationaux et pour établir une industrie nationale de biocarburants.

11. Janssen & Rutz, 2015

Une évaluation détaillée des ressources et des recherches a permis d'identifier la canne à sucre, le manioc et le sorgho sucré comme étant des matières premières appropriées pour la production d'éthanol. Un zonage agro-écologique en vue d'éviter les conflits potentiels entre aliments et combustibles a permis d'identifier environ 7 millions d'hectares propices à des activités économiques basées sur la terre, dont 3 millions d'hectares ont été jugés appropriés pour des investissements agricoles.<sup>12</sup> Les évaluations des ressources ont été soutenues par une modélisation spatio-temporelle de l'utilisation des terres afin d'évaluer la disponibilité de celles-ci pour les cultures énergétiques.<sup>13</sup> Néanmoins, les perceptions négatives de la population locale, nationale et internationale concernant les biocarburants, l'accaparement des terres, les conflits entre nourriture et carburant et la planification inadéquate des projets, se sont avérées être des obstacles au développement.



**En réponse au cadre politique favorable au développement d'une industrie des biocarburants au Mozambique, plusieurs propositions d'investissement ont été présentées au cours de la période 2008-2012.** Mais en raison de la crise financière des années suivantes, d'une forte récession économique au Mozambique en 2015 et de la faiblesse des prix mondiaux du pétrole brut, la plupart des projets de biocarburants ont été suspendus, à l'exception de l'initiative de Cleanstar Mozambique visant à produire de l'éthanol à partir du manioc (voir ci-dessous).

**Pour que la production, la promotion et l'utilisation des biocarburants au Mozambique soient durables sur le plan environnemental, économique et social, le cadre de durabilité des biocarburants du Mozambique (MBFS) a été élaboré en 2014, avec le soutien des Programmes Néerlandais en faveur d'une Exploitation Durable de la Biomasse.**<sup>14</sup> Par conséquent, le respect des critères de durabilité établis est une condition préalable à l'approbation de propositions d'investissement en vue de la production commerciale de biocarburants.<sup>15</sup>

### La situation actuelle

**Bien qu'existent une obligation de mélange d'éthanol (E10), un secteur de la canne à sucre bien développé et des terres appropriées et disponibles pour la production de matières premières, l'éthanol n'est actuellement pas utilisé comme carburant de transport au Mozambique, en raison du manque d'investissements nécessaires à la création de chaînes de valeur pour l'éthanol carburant.** Actuellement, la production annuelle d'éthanol au Mozambique s'élève à environ 45 millions de litres, avec de petites installations de production dispersées dans le pays, et la finalité de l'éthanol est largement méconnue.<sup>16</sup> Selon des informations récentes, le gouvernement du Mozambique prévoit de relancer le programme national de mélange de biocarburants dans les prochains mois.

12. Wilkinson, 2014; Tostão, Henley, Tembe, & Baloi, 2016

13. Van der Hilst & Faaij, 2012

14. Visser & Chidamoio, 2014

15. Schut et al., 2010

16. Venichand, 2021

## LE BIOÉTHANOL COMME COMBUSTIBLE DE CUISSON

Au Mozambique, les combustibles traditionnels issus de la biomasse dominent le secteur de la cuisson des aliments dans les foyers. En 2021, seuls 5% de la population avait accès à une cuisson propre.<sup>17</sup> Le bois de chauffage et le charbon de bois représentent respectivement 59% et 23% de la demande en combustible de cuisson et les foyers des zones urbaines utilisent principalement le charbon de bois pour cuisiner, quel que soit leur niveau de revenu. En outre, le marché du charbon de bois joue un rôle important dans l'économie nationale, en employant entre 136 000 et 214 000 travailleurs à temps plein.<sup>18</sup>

**L'utilisation généralisée du charbon de bois suscite des inquiétudes quant à la déforestation à grande échelle et à la dégradation des services écosystémiques.** Les utilisateurs de charbon de bois à Maputo et Matola consomment l'équivalent de 1,8 million de tonnes de bois chaque année. Sans parler des effets nocifs des poêles à charbon de bois sur la santé et la pollution.

**En 2006, l'entreprise familiale Zoe Enterprises a mené des actions pour introduire des réchauds à gel d'éthanol au Mozambique.** S'appuyant sur l'infrastructure et les réseaux de distribution établis par Zoe Enterprises, une autre entreprise privée, Cleanstar, a mis en œuvre un programme à grande échelle axé sur la capitale Maputo, qui est aussi la plus grande ville, pour promouvoir les réchauds à éthanol comme alternative propre au charbon de bois. Les ventes ont débuté de manière effective à la fin de l'année 2012. Une percée rapide sur le marché a été réalisée grâce à 160 distributeurs d'éthanol, atteignant 34 000 consommateurs et une consommation mensuelle d'éthanol entre 70 000 et 140 000 litres.<sup>19</sup>

Le programme Cleanstar incluait une production d'éthanol dans la ville de Beira (au centre du Mozambique) à partir de manioc provenant de petits exploitants agricoles du nord du pays. Cependant, la production d'éthanol a été suspendue en 2013 et la distribution a été transférée à Zoe Enterprises sous sa marque NDZiLO. L'arrêt de la production a entraîné une pénurie d'éthanol sur le marché ; les premières importations d'éthanol de moindre qualité en provenance d'Afrique du Sud ont souvent été à l'origine de performances insuffisantes et de dysfonctionnements des bonbonnes, ce qui a conduit les consommateurs à se rabattre sur le charbon de bois et le GPL.<sup>20</sup> Pour résoudre ce problème et relancer le secteur des réchauds à éthanol au Mozambique, NDZiLO a commencé à importer de l'éthanol de haute qualité d'Afrique du Sud. En juillet 2015, la demande d'éthanol à Maputo était d'environ 80 000 litres par mois avec 10 000 consommateurs, constituant la plus grande base de consommateurs urbains pour les réchauds à éthanol en Afrique subsaharienne. Cependant, dans les années qui ont suivi, les prix élevés de l'éthanol importé ont entraîné un déclin important du marché de la cuisson à l'éthanol, et Zoe Enterprises a fermé ses portes en 2018.

## PERSPECTIVES : LE BIOÉTHANOL COMME COMBUSTIBLE DE CUISSON

**Une étude récente sur la façon dont les consommateurs de Maputo considèrent l'adoption et l'utilisation des combustibles et des réchauds à l'éthanol a permis de cerner les avantages et les obstacles à l'utilisation de l'éthanol comme combustible de cuisson propre.** Les entretiens

17. <https://trackingsdg7.esmap.org/country/mozambique>

18. European Union Energy Initiative (EUEI), 2012; Castán Broto et al., 2020

19. Mudombi et al., 2018

20. Costa C., 2019; Mudombi et al., 2018

avec les ménages, les discussions de groupe ainsi que les témoignages d'experts ont montré que l'éthanol a essentiellement remplacé d'autres combustibles de cuisson propres tels que le GPL, plutôt que le charbon de bois. En outre, les combustibles de cuisson propres (électricité, GPL, éthanol) sont souvent utilisés en combinaison avec le charbon de bois.

**Selon les utilisateurs, l'éthanol soutient bien la comparaison avec le charbon de bois en termes de temps de cuisson, de commodité, de propreté et de facilité d'utilisation.** Cependant, les prix élevés de l'éthanol, la mauvaise qualité du combustible et sa maigre disponibilité, ainsi que les dysfonctionnements des réchauds dus à leur mauvaise conception ont conduit de nombreux utilisateurs de réchauds à éthanol à revenir au charbon de bois.

**Pour que l'éthanol soit adopté de manière efficace et durable, il faudra corriger les éléments qui tendent à décourager son utilisation, en particulier le coût initial et opérationnel élevé, la mauvaise qualité du combustible, le manque de fiabilité de l'approvisionnement en combustible et la mauvaise conception des réchauds.** En outre, l'éthanol produit localement est un élément clé de la réussite, pour assurer la disponibilité du carburant, la création de valeur locale et les opportunités de revenus.

Récemment, le gouvernement a lancé un programme en faveur du GPL produit à partir des réserves nationales de gaz naturel et utilisé comme combustible de cuisson propre, dans les cinq plus grandes villes du Mozambique. Les avantages fiscaux garantissent la compétitivité des coûts du GPL. Par conséquent, la cuisson à l'éthanol pourrait être concentrée en dehors des grandes villes et la demande d'éthanol comme combustible de cuisson devrait rester limitée dans un avenir prévisible, selon Thelma Venichand, directrice de Zoe Enterprises.



Figure 22 : Magasin NDZilo vendant des réchauds à l'éthanol et du combustible à l'éthanol à Maputo (Projet Gaïa)

### **Recommandations politiques pour la mise en place réussie d'un marché de l'éthanol de cuisson**

Les facteurs suivants ont contribué à une rapide implantation des réchauds à l'éthanol sur le marché de Maputo en 2012 :

- Un environnement politique et institutionnel favorable. La Politique et la Stratégie Nationales en Matière de Biocarburants (NBPS) ont fourni des directives claires aux secteurs public et privé, ainsi que des incitations et des subventions aux producteurs d'éthanol.
- L'utilisation efficace des marchés préexistants. La pénétration du marché a reposé sur la clientèle et les réseaux de distribution existants pour le gel à l'éthanol.
- Des campagnes de sensibilisation de grande envergure et des efforts pour renforcer la diffusion du produit : diffusion d'informations sur les fours à éthanol par le biais de publicités télévisées, de panneaux d'affichage et de porte-à-porte par des équipes de vente.
- Des services et un soutien efficaces aux clients après l'acquisition. Cette mesure a été mise en œuvre par le personnel de Zoe Enterprises.

## **Enseignements tirés : recommandations pour un développement durable et réussi du bioéthanol pour la cuisson propre, sur la base des expériences au Mozambique**

- Les gouvernements des pays en développement doivent concevoir et mettre en œuvre des politiques globales destinées à soutenir un éventail d'utilisations finales de l'éthanol ainsi que des initiatives et divers acteurs tout au long de la chaîne de valeur de l'éthanol. Au Mozambique, les acteurs locaux et internationaux ont été incités à investir dans le secteur des biocarburants. Cela a permis de soutenir le développement d'infrastructures pour la distribution de carburants et de réchauds, la sensibilisation et la formation des utilisateurs.
- Les coûts des réchauds et du carburant à l'éthanol doivent être compétitifs pour que le marché soit adopté à grande échelle. Le coût élevé du carburant à l'éthanol est considéré comme le principal obstacle par les utilisateurs à Maputo aujourd'hui. Les gouvernements peuvent limiter les taxes sur l'éthanol, en faveur de ses avantages pour la santé et l'environnement, et fournir des subventions pour les réchauds et le carburant, ce qui rendrait le produit plus abordable pour les consommateurs.
- Les marchés nationaux et locaux de l'éthanol et les chaînes de valeur doivent être développés et renforcés à la fois par les secteurs public et privé. Les gouvernements peuvent apporter leur soutien par la mise en place d'activités de recherche et d'innovation, le renforcement des capacités techniques, la sensibilisation et les campagnes de formation. Le mélange obligatoire d'éthanol peut aboutir à la création d'un marché viable et contribuer à la réduction des coûts de production de l'éthanol, ce qui favoriserait également l'utilisation de l'éthanol comme combustible de cuisson.
- Dans les pays africains, les efforts de promotion des marchés de l'éthanol doivent prendre en compte et traiter de manière appropriée les contextes locaux et régionaux avec leurs spécificités. Les marchés de l'éthanol ont été développés avec succès au Brésil, aux États-Unis et en Europe. Toutefois, ces initiatives n'ont pas réussi à s'imposer durablement dans la plupart des pays africains, y compris au Mozambique.
- Le développement de l'éthanol peut avoir des impacts aussi bien positifs que négatifs sur l'environnement, la société et la culture. Les politiques adoptées doivent soigneusement prendre en compte les contreparties éventuelles, et chercher à minimiser les impacts négatifs. Au Mozambique, un cadre national de durabilité a été élaboré afin de garantir une production, une promotion et une utilisation durables des biocarburants sur les plans environnemental, économique et social.



# Les défis du déploiement

Devant les multiples défis auxquels il est confronté, le développement d'une industrie de l'éthanol nécessite une planification minutieuse. Ce chapitre donne un aperçu des défis liés à la production des matières premières, à la production d'éthanol et à sa consommation ainsi qu'aux problèmes du marché. Il présente aussi les stratégies pour les surmonter.

## Strategies to overcome challenges regarding feedstock production

Défi	Stratégies
<ul style="list-style-type: none"><li>– Effet sur la disponibilité et le prix des denrées alimentaires</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Suivi de la sécurité alimentaire</li><li>– Équilibrer les incitations (obligations de mélange, subventions) avec la disponibilité nationale des matières premières</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Changement direct et indirect de l'utilisation des sols avec des effets négatifs sur la végétation notamment les forêts tropicales</li><li>– Perte de biodiversité due aux plantations de monoculture à grande échelle</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Évaluation des ressources pour identifier les matières premières prometteuses</li><li>– Zonage agro-écologique pour identifier les zones de culture appropriées</li><li>– Cadre de durabilité pour préserver le déploiement de l'éthanol</li><li>– Rotation des cultures et culture intercalaire</li><li>– Soutenir les petits producteurs</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Utilisation inefficace des terres</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Soutien à la R&amp;D dans le domaine de la culture et de la sélection de nouvelles variétés</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Pollution atmosphérique et risques sanitaires causés par certaines techniques de récolte</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Récolte mécanique</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Déplacement des petits agriculteurs hors de leurs terres</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Prise en compte des modes d'utilisation des terres et des droits d'utilisation des terres dans la cartographie et le zonage</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Chaînes d'approvisionnement en biomasse</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Une compréhension claire des chaînes d'approvisionnement</li><li>– Implication des parties prenantes locales dès les premières phases de la planification</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Mobilisation des résidus et des déchets</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Mise en place de structures de gestion des déchets</li><li>– Suivi des utilisations alternatives</li></ul>

Tableau 7 : Stratégies pour surmonter les défis liés à la production de matières premières

Défi	Stratégies
– Rendements des matières premières	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Évaluation des ressources pour identifier les matières premières prometteuses</li> <li>– Zonage agro-écologique pour identifier les zones de culture appropriées</li> <li>– Soutien à la R&amp;D dans le domaine de la culture et de la sélection de nouvelles variétés à haut rendement</li> </ul>

Tableau 7 : Stratégies pour surmonter les défis liés à la production de matières premières

### Stratégies pour surmonter les défis liés à la production d'éthanol

Défi	Stratégies
– La production d'éthanol entraîne une faible réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Calcul obligatoire des émissions de GES sur le cycle de vie de tout l'éthanol utilisé</li> <li>– Exigence minimale de réduction des émissions de GES</li> <li>– Quota de réduction des émissions de GES au lieu d'une obligation de mélange basée sur le volume ou l'énergie</li> </ul>
– Consommation énergétique élevée des installations de conversion, en raison d'un excédent de biomasse et de l'impossibilité d'injecter un excédent d'électricité	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Systèmes de producteurs indépendants d'électricité</li> <li>– Tarifs pour l'électricité verte</li> <li>– Accès au réseau / extension du réseau / mini-réseaux locaux</li> </ul>
– Manque (saisonnier) de disponibilité de l'éthanol	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Réserves pour stocker des matières premières</li> <li>– Réserves pour stocker de l'éthanol</li> </ul>

Tableau 8 : Stratégies pour surmonter les défis liés à la production d'éthanol

## Stratégies pour surmonter les défis liés à la consommation d'éthanol

Challenge	Strategies
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Le rejet par les consommateurs des mélanges d'éthanol pour les véhicules ou de l'éthanol comme combustible pour la cuisine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Normes de carburant adéquates</li> <li>– Contrôle de la qualité des carburants</li> <li>– Étiquetage des carburants à la pompe</li> <li>– Campagne d'information sur la compatibilité des véhicules</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Réticence des consommateurs à acheter des véhicules à carburant alternatif (E85)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Réduction des taxes pour les véhicules à carburant alternatif</li> <li>– Réduction des frais d'immatriculation annuels pour les véhicules à carburant alternatif</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Distribution de combustible de cuisson propre dans les zones reculées ainsi qu'aux ménages à faibles revenus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Encourager la production locale d'éthanol, par exemple par le biais de micro-distilleries</li> <li>– Systèmes de pré-paiement, paiements mobiles</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Accès aux appareils de cuisson à l'éthanol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Soutenir les investisseurs dans la production de réchauds</li> <li>– Soutenir l'acquisition de réchauds (aide financière ponctuelle)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fonctionnement des réchauds</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Norme pour les réchauds à l'éthanol</li> <li>– Normes pour l'éthanol comme combustible de cuisson</li> </ul>

Tableau 9 : Stratégies pour surmonter les défis liés à la consommation d'éthanol

## Stratégies pour surmonter les problèmes du marché

Défi	Stratégies
<ul style="list-style-type: none"> <li>– La population locale ne reçoit pas une part équitable de la valeur ajoutée ; les investisseurs étrangers ou à grande échelle obtiennent la majeure partie de la valeur ajoutée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Exigences de contenu local</li> <li>– Contrat agricole pour la production de matières premières par les petits agriculteurs</li> <li>– Investissements dans l'éducation, la R&amp;D nationale concernant les pratiques agricoles et les technologies de transformation</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Les obligations de mélange encouragent les importations au lieu de soutenir la production nationale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– N'autoriser que l'approvisionnement en éthanol produit localement</li> <li>– Exiger des permis pour les importations ou les exportations d'éthanol</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Manque d'investissements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cadre clair pour les investisseurs (y compris les politiques publiques)</li> <li>– Subventions pour des investissements dans le secteur agricole et dans celui de la fabrication de biocarburants</li> <li>– Accès au crédit, garanties de prêts</li> <li>– Programmes de financement conçus pour soutenir les grandes entreprises et les PME locales</li> <li>– Régimes de financement social (pratiques de financement axées sur les résultats, systèmes de prépaiement, paiements mobiles, microcrédits)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Prix de production de l'éthanol plus élevé que celui des carburants actuels pour le transport et/ou la cuisson</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Exonérations fiscales</li> <li>– Suppression ou réduction des subventions aux combustibles fossiles pour rendre l'éthanol compétitif</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Volatilité des prix des combustibles fossiles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Différentes subventions pour l'éthanol</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Perception négative des biocarburants par le public en raison, par exemple, de l'accaparement des terres, du changement d'affectation des terres, de la planification inappropriée des projets, du manque de compréhension du secteur agricole par les investisseurs potentiels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Introduction anticipée de mesures de sauvegarde pour éviter les effets négatifs</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Coût de l'installation d'une nouvelle pompe dans les stations-service pour fournir un mélange d'éthanol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Remplacer l'essence à faible indice d'octane par un mélange à l'éthanol</li> </ul>

Tableau 10 : Stratégies pour surmonter les problèmes du marché

# Conclusions : Comment développer une industrie du bioéthanol

---

**Le développement d'une industrie de l'éthanol, comme combustible de cuisine non polluant et en vue du remplacement de l'essence dans les transports, offre aux pays en développement la possibilité d'obtenir des avantages socio-économiques considérables. En outre, la mise en place d'un marché de l'éthanol, tant pour le mélange de carburants que pour la cuisson propre, contribuera à la réalisation de dix des dix-sept objectifs mondiaux de développement durable.**

Ces avantages vont de la réduction de la consommation de combustibles fossiles dans les transports à la diminution de la pollution de l'air intérieur, créant ainsi des conditions de vie plus saines, en particulier pour les femmes et les enfants. L'éthanol est un carburant biogénique renouvelable, qui permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre en remplaçant les carburants pétroliers non renouvelables. La dépendance à l'égard des importations de combustibles est réduite, tandis que le développement industriel et économique national est renforcé. La production dans le pays améliore la sécurité énergétique et l'autonomie, et l'accès à l'énergie est fourni aux communautés qui en sont privées. La production décentralisée crée des emplois dans les zones rurales, en tirant parti des synergies avec le secteur agricole.

Le développement d'une importante industrie de l'éthanol nécessite une planification minutieuse afin de tirer le meilleur parti des avantages socio-économiques potentiels et d'éviter les effets négatifs. Les programmes d'éthanol existants, comme Proálcool au Brésil, démontrent qu'une industrie de l'éthanol peut être établie avec succès si toutes les parties prenantes sont impliquées et si un ensemble de mesures bien équilibrées est adopté..

# Recommandations pour une implantation durable de la production d'éthanol

---

- Instaurer une collaboration avec les pays qui aspirent à développer une industrie de l'éthanol pour discuter des options réglementaires, identifier les particularités et les similitudes et évaluer conjointement l'impact des mesures et les avancées vers les objectifs fixés.
- Collaborer avec les pays qui ont déjà mis en place avec succès une industrie de l'éthanol pour savoir comment ils ont relevé des défis similaires, et quel a été l'impact de leurs mesures spécifiques. La collaboration peut se faire avec des pays individuels ainsi que par le biais de plateformes de collaboration existantes, telles que la plateforme Biofuture et IEA Bioenergy.
- Créer un cadre politique qui aborde les six questions politiques essentielles identifiées dans le plan d'action de la plateforme Biofuture. Il s'agit de la priorité stratégique, de la clarté et de la certitude des projets politiques, de l'accès au marché, du soutien financier, de la gestion de la durabilité et du soutien à l'innovation.
- Identifier les facteurs spécifiques au pays qui poussent à la création d'une industrie de l'éthanol (par exemple : le revenu rural, la réduction de la pollution de l'air intérieur, la réduction des émissions de gaz à effet de serre) et fixer des objectifs clairs (par exemple : le pourcentage d'éthanol utilisé dans les transports, le pourcentage de ménages passant à l'éthanol comme combustible de cuisson).

- Impliquer des représentants de tous les acteurs de la chaîne de valeur (les associations d'agriculteurs, les industries existantes de la canne à sucre ou du manioc, les fournisseurs de technologies de conversion de carburant, les vendeurs de cuisinières, les investisseurs, les chercheurs dans les domaines de l'agriculture, de la production de carburant et de l'industrie automobile) dans l'élaboration d'un panel équilibré de mesures.
  
- Évaluer soigneusement les risques et les obstacles spécifiques au pays (par exemple : la perte de biodiversité, les effets négatifs sur la disponibilité ou le prix des aliments, les installations de production d'éthanol peu performantes, le manque de consommateurs, le manque d'investissements) et développer des stratégies pour surmonter ces défis.
  
- Élaborer un ensemble de mesures pour créer un marché de l'éthanol (par exemple en rendant le mélange obligatoire, en créant des programmes de cuisson propre), le rendre abordable (par exemple par des exonérations fiscales, des subventions pour l'achat de cuisinière) et stimuler la production de matières premières et les investissements le long de la chaîne de valeur (par exemple par un accès aux garanties de prêt) tout en réduisant les impacts négatifs (par exemple grâce à la cartographie au zonage des terres, à la mise en œuvre de normes relatives à l'éthanol, et aux exigences de contenu local).

- Désigner et autoriser les institutions adéquates pour mettre en œuvre et piloter ces mesures en fonction d'échéances et de niveaux de réalisation clairement définis.
- Lorsque l'éthanol est introduit à la fois comme composant de mélange pour le carburant de transport et comme combustible de cuisson, veiller à ce qu'un certain pourcentage d'éthanol soit réservé aux marchés des combustibles de cuisson. Exiger que la chaîne d'approvisionnement en éthanol constitue des stocks stratégiques afin d'éviter toute pénurie de combustible de cuisson.
- Utiliser les infrastructures et les marchés préexistants pour la production de matières premières, pour la production d'éthanol ainsi que pour l'utilisation finale dans les transports et les applications de cuisson propre.
- Sensibiliser les communautés aux avantages sanitaires et sociaux du passage à la cuisson à l'éthanol, et mettre en œuvre des mécanismes de retour d'information pour surveiller les effets sociétaux du passage à l'éthanol et éviter le retour aux carburants polluants.
- Promouvoir et soutenir la recherche et l'innovation afin de développer et de renforcer les marchés locaux et les chaînes de valeur de l'éthanol.
- Évaluer fréquemment la progression vers les objectifs fixés ainsi que les effets qui en découlent, et adapter l'ensemble des mesures en conséquence.





## ANNEXE : ASPECTS TECHNIQUES ET AVANTAGES DES UTILISATIONS DU BIOÉTHANOL

**SONT ICI PRÉSENTÉS DANS LEURS GRANDES LIGNES LES PROCÉDÉS DE PRODUCTION DE BIOÉTHANOL LES PLUS COURANTS** – à partir de la canne à sucre, du manioc et du maïs - ainsi que les conditions techniques que requiert une telle production, et les avantages de l'éthanol comme carburant de transport et comme combustible de.

Processus de production du bioéthanol	82
Aspects techniques et avantages des utilisations du bioéthanol	
– Mélanges à faible teneur en bioéthanol pour les parcs de véhicules existants	84
– Les réchauds au bioéthanol : propres et pratiques	85
Chapitre 7	81

---

# Processus de production du bioéthanol

Diverses matières premières issues de l'agriculture peuvent être utilisées pour produire du bioéthanol. Dans les pays en développement, les matières premières les plus utilisées sont la canne à sucre, le manioc et le maïs.

## ÉTHANOL ISSU DE LA CANNE À SUCRE<sup>1</sup>

Le schéma ci-dessous (Figure 23) illustre le processus de production dans une usine combinant sucre et éthanol. Le jus est extrait de la canne à sucre et traité, puis utilisé pour produire de l'éthanol ou du sucre. Les proportions de sucre et d'éthanol produites sont flexibles, de sorte que la production peut être adaptée en fonction de la demande. Dans le processus de production d'éthanol, le jus de canne à sucre traité est fermenté avec le sirop et la mélasse provenant de la production de sucre. Le vin obtenu est distillé pour produire de l'éthanol.

La production d'éthanol anhydre (pur à 99%, et dont l'eau a été enlevée), destiné à être utilisé dans les mélanges d'essence pour les véhicules traditionnels, nécessite une étape de purification supplémentaire à forte intensité énergétique. Cependant, dans les climats subtropicaux et tropicaux, l'éthanol hydraté peut être utilisé, en omettant cette étape finale. La bagasse, la matière fibreuse de la canne à sucre qui reste après l'extraction du jus, peut être utilisée pour produire de l'énergie, améliorant ainsi le bilan énergétique net du procédé et réduisant les émissions de gaz à effet de serre.

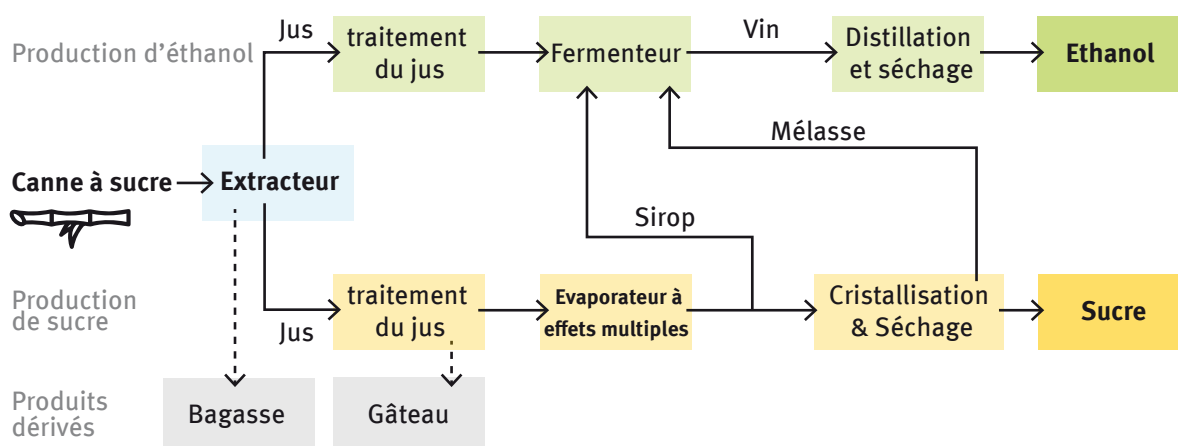


Figure 23 : Processus intégré et simplifié de la production d'éthanol issu de la canne à sucre

## ÉTHANOL ISSU DU MANIOC

La farine de manioc est nécessaire pour produire de l'éthanol de manioc. Les deux premières étapes sont la liquéfaction et la saccharification, processus chimiques simples qui transforment la farine de manioc en un bouillon, qui est ensuite fermenté et distillé. Les produits finaux sont l'éthanol et la boue sèche, qui peut être utilisée comme engrais. La Figure 24 montre un processus simplifié de production d'éthanol de manioc.

1. <https://www.e-education.psu.edu/egee439/node/647>

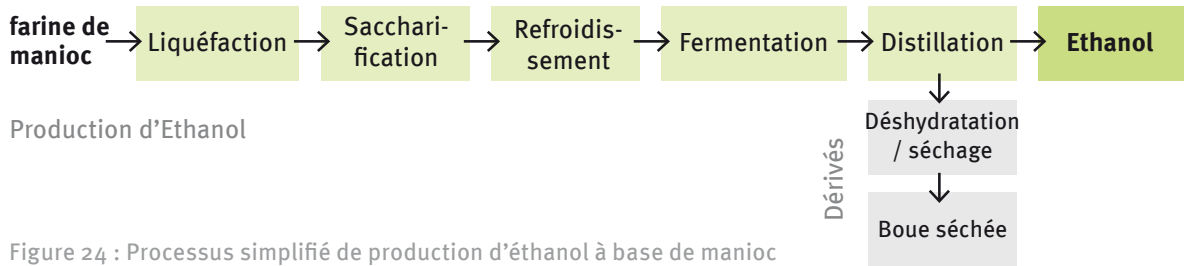


Figure 24 : Processus simplifié de production d'éthanol à base de manioc

## ÉTHANOL ISSU DU MAÏS

Pour la production d'éthanol de maïs, le maïs est moulu et le gluten est séparé et séché. Après saccharification, la matière première broyée est fermentée et distillée. Les résidus riches en protéines sont séparés et séchés. Les drêches sèches de distillerie avec solubles (DDGS) sont un sous-produit du processus et peuvent être utilisées en tant qu'alimentation animale de qualité supérieure. La Figure 25 décrit le processus simplifié de production d'éthanol de maïs.

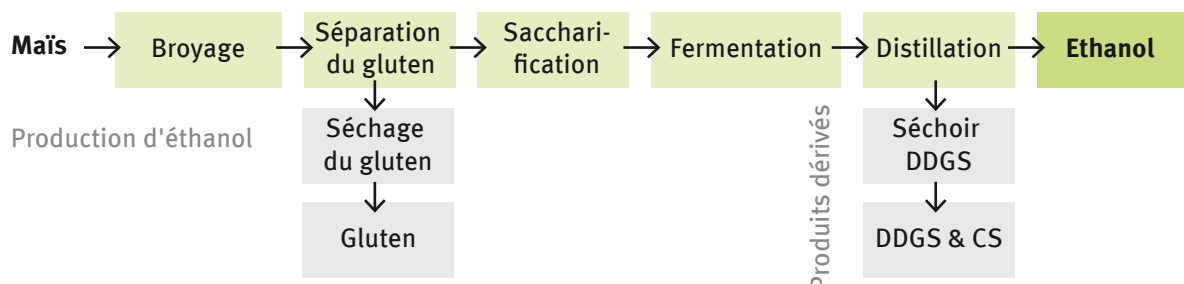


Figure 25 : Processus simplifié de production d'éthanol à base de maïs

Les chiffres ci-dessous montrent les rendements habituels des cultures (tonnes par hectare) et les rendements en éthanol (litres par hectare) issu de la canne à sucre, du manioc et du maïs, au niveau mondial et dans certains pays où la production est bien ancrée.

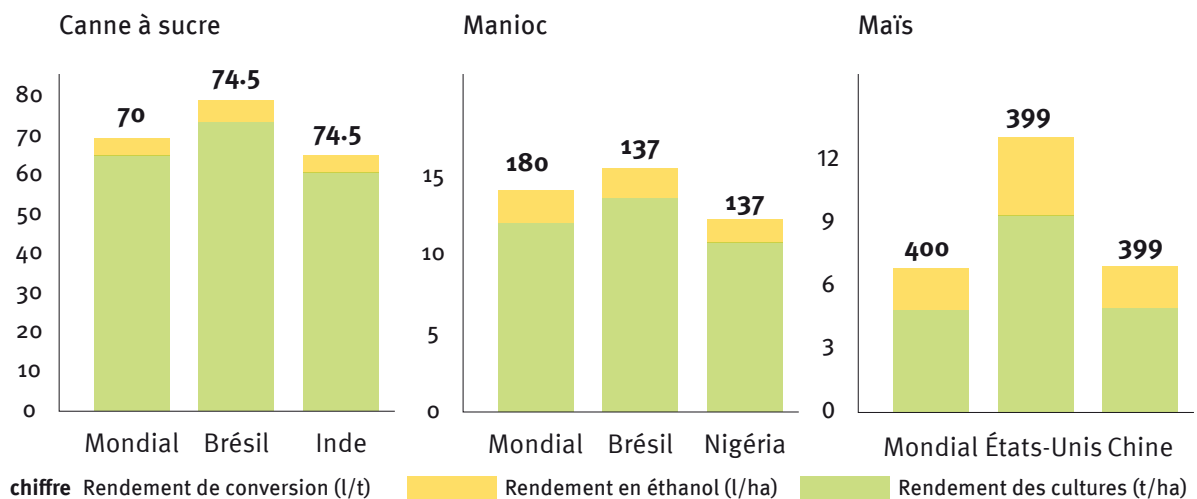


Figure 26 : Rendements des biocarburants (FAO, 2008)

Les diverses applications de l'éthanol obéissent à des exigences techniques différentes. Alors que l'éthanol utilisé comme carburant pour le transport nécessite une production industrielle, l'éthanol utilisé comme combustible de cuisson peut être produit dans des micro-distilleries.

# Mélanges à faible teneur en bioéthanol pour les parcs de véhicules existants.

---

**Le mélange d'essence et d'éthanol est bénéfique pour la combustion, car l'éthanol améliore l'indice d'octane du carburant. La plupart des véhicules à essence sont compatibles avec les mélanges à faible teneur en éthanol, tels que l'E5 et l'E10 (respectivement 5% et 10% d'éthanol). Les mélanges à haute teneur en éthanol (par exemple l'E85) nécessitent des véhicules spécifiques, tels que les véhicules polycarburants. L'éthanol hydraté, dont la production est plus économique, peut être utilisé dans les climats tropicaux et subtropicaux.**

L'éthanol est un alcool léger qui brûle avec une flamme presque invisible et qui est biodégradable. Il présente une série d'avantages techniques en tant que carburant pour les moteurs à essence. Premièrement, l'éthanol a un indice d'octane très élevé. L'ajout d'éthanol améliore la qualité du carburant gazole obtenu (mélange essence-éthanol), ce qui lui confère un grand pouvoir antidétonant et peut améliorer les performances du moteur. Deuxièmement, l'éthanol a une chaleur de vaporisation élevée, ce qui permet un effet de refroidissement de l'air sur le moteur. Cela améliore les performances du remplissage des cylindres, ce qui compense en partie le contenu énergétique plus faible de l'éthanol par litre. Enfin, la présence d'oxygène dans la molécule d'éthanol rend le mélange air-carburant plus homogène, ce qui permet une combustion à basse température qui réduit les émissions polluantes de molécules non brûlées ou partiellement brûlées (hydrocarbures [HC], monoxyde de carbone [CO] et oxydes d'azote [NOx]). Les mélanges éthanol-essence à faible pourcentage (E5, E10) peuvent être utilisés efficacement dans la plupart des moteurs à essence classiques, sans requérir d'adaptations techniques. Les mélanges à teneur plus élevée nécessitent des véhicules flex-fuel (FFV), qui peuvent fonctionner avec n'importe quel mélange essence-éthanol jusqu'à 85% (E85).

Malgré ces avantages, certaines caractéristiques négatives de l'éthanol utilisé comme carburant pour véhicule doivent également être prises en compte. La teneur en oxygène de l'éthanol entraîne une plus grande consommation de carburant, et la capacité de l'éthanol à s'oxyder en acide acétique pose des problèmes de compatibilité avec certains matériaux utilisés dans les moteurs, comme certains métaux et polymères. L'éthanol peut également contenir des ions métalliques et d'autres impuretés qui peuvent augmenter le risque d'agression des matériaux. La chaleur latente élevée de la vaporisation peut entraîner des difficultés de fonctionnement dans des conditions froides, en particulier lors des démarrages à froid ; et les qualités chimiques de l'éthanol peuvent entraîner des problèmes de volatilité, tout comme le fait qu'il soit miscible avec l'eau, ce qui peut entraîner des émissions d'acétaldéhyde. <sup>2</sup>

## ÉTHANOL HYDRATÉ

L'éthanol hydraté (96% d'éthanol) contient un faible pourcentage d'eau. Sa production ne nécessite pas l'étape finale de distillation, qui consomme beaucoup d'énergie. Au Brésil, l'éthanol hydraté

2. [https://www.etipbioenergy.eu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=329](https://www.etipbioenergy.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=329)

pur est disponible dans toutes les stations-service. Les véhicules polycarburants peuvent fonctionner à l'essence, à un mélange élevé d'éthanol ou à de l'éthanol hydraté pur, quel que soit le mélange, et peuvent même changer de carburant en cours de route. Le stockage et la stabilité des mélanges d'éthanol sont des problèmes particuliers dus à l'affinité de l'éthanol avec l'eau et au risque de séparation de phases qui est néfaste pour les voitures et les infrastructures. Au Brésil, il existe une longue expérience des mélanges contenant environ 20% d'éthanol dans l'essence (actuellement E27). Dans les climats tropicaux et subtropicaux, l'éthanol hydraté peut être utilisé sans risque de séparation de phases.

## Les réchauds au bioéthanol : propres et pratiques

**Cuisiner avec de l'éthanol est facile et plus pratique que d'utiliser des feux traditionnels, car la température peut être réglée facilement et le poêle peut être allumé ou éteint rapidement. Le fonctionnement est sûr, la combustion est très propre et les émissions sont faibles. La technologie des cuisinières à éthanol est arrivée à maturité et une grande variété de cuisinières ou réchauds sont disponibles sur le marché.**

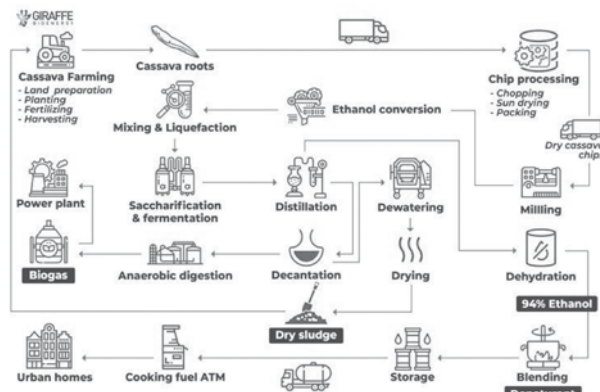


Figure 27 : Procédé de fabrication d'éthanol de manioc pour la cuisson.

L'éthanol utilisé comme combustible de cuisson est de l'alcool éthylique, soit le même type d'alcool que l'on trouve dans les boissons alcoolisées. Il peut être produit à partir de cultures de sucre ou d'amidon, à petite ou grande échelle. Un exemple de l'ensemble du processus de production d'éthanol pour la cuisson, à partir de manioc, est présenté ci-dessous dans la Figure 27. La production d'éthanol à partir de matières lignocellulosiques (fibres végétales) à grande échelle est actuellement en cours de développement,

l'objectif principal étant la production de carburant pour les transports ; toutefois, le secteur de la cuisson pourrait également bénéficier de son développement.

### ÉTHANOL LIQUIDE OU EN GEL ?

Il existe deux types d'éthanol pour la cuisson : l'éthanol liquide pur et le gel d'éthanol. Ces deux formes d'éthanol requièrent différents types de réchauds. Le gel de carburant se compose principalement d'éthanol, avec des additifs qui lui donnent une consistance de gel. L'idée originale derrière l'utilisation du gel d'éthanol au lieu de l'éthanol liquide était de répondre à des problèmes de sécurité.

Cependant, les carburants gélifiés présentent des inconvénients majeurs, comme le décrit une étude de 2007. Les carburants gélifiés ne sont pas satisfaisants, notamment parce qu'ils libèrent des quantités importantes de polluants lors de leur combustion, la flamme étant par nature diffuse. Un autre problème est que les carburants à base de gel contiennent beaucoup moins d'énergie que les alternatives disponibles. Par conséquent, la cuisson d'un repas standard nécessite environ trois fois plus de gel que d'autres combustibles. La température de la flamme du gel d'éthanol est beaucoup plus basse (environ 600-750°C) que celle de l'éthanol liquide (900-1000°C). Cela signifie que le prix du carburant gélifié doit être d'environ un tiers de celui des carburants alternatifs pour être compétitif, et rien n'indique qu'il puisse être commercialisé à ce niveau de prix. Par conséquent, les carburants à base de gel d'éthanol constituent une application de niche, tandis que l'éthanol liquide représente la forme la plus courante de carburant à base d'éthanol pour la cuisine.



Figure 28 : CleanCook NOVA 2 en action en Afrique (Projet Gaia)

L'éthanol liquide est utilisé comme alcool liquide non comprimé qui brûle sans odeur. Il peut également être considéré comme plus sûr que le gaz comprimé, comme le butane, car il est inflammable mais non explosif (sauf dans certaines circonstances). Son utilisation est relativement sûre et les risques sont très rares.

### APPAREILS DE CUISSON À L'ÉTHANOL

La technologie des appareils de cuisson à éthanol est au point et un certain nombre de modèles sont disponibles sur le marché, qu'il s'agisse de réchauds à un ou deux brûleurs. Certains modèles sont fabriqués en aluminium ou en acier inoxydable pour éviter la corrosion. Les principales installations de production de réchauds à éthanol liquide se trouvent à Durban, en Afrique du Sud (CleanCook), ainsi qu'en Chine (BlueFlame) et en Inde (Koko). CleanCook cherche à obtenir une licence pour la production de ses réchauds dans d'autres pays d'Afrique. Leurs réchauds, parmi d'autres modèles, ont été soutenus par le projet Gaia dans le cadre de campagnes visant à promouvoir la transition vers une cuisine propre. Des ONG et des instituts de recherche ont également participé à la mise au point de réchauds fonctionnant à l'alcool, comme le NARI ou le TERI, tous deux en Inde. Les réchauds peuvent être équipés de bidons de combustible non pressurisés, rechargeables ou remplaçables, et utilisent une technologie simple et sûre pour stocker le combustible et l'acheminer vers le brûleur, éliminant ainsi les risques de fuite, de débordement ou d'explosion.

Dans l'UE, cette technologie est principalement utilisée pour le secteur maritime et les équipements de loisirs nomades, tandis que dans les pays en développement, les réchauds à éthanol représentent un moyen simple et efficace de remplacer les réchauds traditionnels à bois. Cependant, les réchauds fonctionnant à l'alcool (éthanol et méthanol) ne sont pas encore très répandus. L'utilisation est surtout limitée aux zones où des études et des projets ciblés ont encouragé et soutenu cette technologie. Le potentiel des réchauds à alcool est énorme, en raison de la grande adhésion des consommateurs, de la facilité et de la sécurité d'utilisation, ainsi que des avantages que peuvent présenter les économies réalisées sur les coûts de cuisson.

## COMPARAISON AVEC D'AUTRES MODES DE CARBURANTS DE CUISSON

### Éthanol *versus* carburants traditionnels

La commodité et la facilité d'utilisation des réchauds à éthanol, la combustion propre et les faibles émissions sont autant d'avantages par rapport au bois de chauffage et au charbon de bois, qui produisent généralement plus de fumée et ne peuvent pas être régulés facilement. Cependant, le prix des combustibles solides issus de la biomasse est souvent inférieur à celui de l'éthanol. C'est pourquoi les ménages disposant de réchauds à l'éthanol ne les utilisent souvent que pour faire bouillir de l'eau ou cuisiner brièvement, alors que les combustibles solides sont encore utilisés pour cuisiner des plats qui doivent cuire plus longtemps, comme les haricots.

### Éthanol *versus* gaz de pétrole liquéfié (GPL)

Le GPL est exonéré de taxes dans un certain nombre de pays en développement, car il est immédiatement disponible pour les gouvernements qui ont pour objectif d'aider les ménages à passer à une solution de cuisson propre. Les prix pratiqués sont donc nettement plus avantageux que ceux de l'éthanol, qui n'est souvent pas subventionné en raison de la nouveauté de la technologie et de la petite échelle des programmes mis en place jusqu'à présent. **Afin de promouvoir l'éthanol, les subventions doivent être revues, car l'éthanol présente des avantages majeurs par rapport au GPL en termes de sécurité, de facilité de distribution, de durabilité et d'économie locale et nationale.** Les réchauds à éthanol sont sûrs et fonctionnent à la pression ambiante, alors que le GPL doit être pressurisé. En outre, l'éthanol est renouvelable et peut être produit à petite échelle. Enfin, le déploiement de l'éthanol pour la cuisson pourrait également préparer le marché au déploiement du méthanol, qu'il sera possible de produire à grande échelle à partir de sources renouvelables, dans un avenir à moyen terme.

## REFERENCES

- AIE. (2020). *Renewables 2020 - Analysis and Forecast to 2025*. AIE.
- AIE. (2021). *India Energy Outlook 2021*. Paris: AIE.
- AIE Bioénergie. (2017). *Technology Roadmap - Delivering Sustainable Bioenergy*. AIE Bioénergie
- AIE, IRENA, UNSD, Banque Mondiale, OMS. (2020). *Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2020*. Washington DC : La Banque Mondiale.
- Ajanovic, A. (2011). *Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices?* Energy 36:2070-2076.
- Alexander, D., Northcross, A., Karrison, T., Morhasan-Bello, O., Wilson, N., Atalabi, O., . . . Olopade, C. (2018). *Pregnancy outcomes and ethanol cook stove intervention: A randomized-controlled trial in Ibadan, Nigeria*. Nigeria: Environmental International.
- Armstrong, D. (2019). *Feasibility of Ethanol Fuel for Cooking in Upland Sierra Leone*. University of California
- Atanassov, B., Egas, A., Falcão, M., Fernandes, A., & Mahumane, G. (2012). *Mozambique Urban Biomass Energy Analysis*. Maputo: Mozambique Ministry of Energy.
- Bacovsky, D., Sonnleitner, A., Müller-Langer, F., Schröder, J., Meisel, K., & Brown, A. (2020). *The Role of Renewable Transport Fuels in Decarbonizing Road Transport - Summary Report*. Advanced Motor Fuels TCP et AIE Bioénergie TCP.
- Bailis, R., Pennise, D., Ezzati, M., Kammen, D., & Kituyi, E. (2004). *Impacts Of Greenhouse Gas And Particulate Emissions From Woodfuel Production and End-Use in Sub-Saharan Africa*. Berkeley University California.
- Blanchard, R., Bhattacharya, S., Chowdhury, M., Chowdhury, B., Biswas, K., & Choudhury, B. (2015). *A review of biofuels in India: Challenges and opportunities*.
- Bogdanski, A., Dubois, O., Jamieson, C., & Krell, R. (2010). *Making Integrated Food-Energy Systems Work for People and Climate - An Overview*. Rome: FAO.
- Castán Broto, V., Arthur, M., & Guibrunet, L. (2020). *Energy profiles among urban elite households in Mozambique: Explaining the persistence of charcoal in urban areas*. Energy Research & Social Science.
- Clean Cooking Alliance. (2021). *2021 Clean cooking industry snapshot*. Clean Cooking Alliance.
- Costa, A. (10 juin 2021). Communication par courriel avec Angela Oliveira da Costa, EPE Brésil. (D. Bacovsky, intervieweur)
- Costa, C. (2019). *The cassava value chain in Mozambique*. Washington DC: Banque Mondiale.
- Diaz-Chavez, R., Johnson, F., Richard, T., & Chanakya, H. (2015). *Biomass resources, energy access and poverty reduction*. Paris: SCOPE.
- Dutta, A., Brito, K., Khramstova, G., Mueller, A., Chinthala, S., Alexander, D., . . . Olopade, C. (2017). *Household air pollution and angiogenic factors in pregnant Nigerian women: A randomized controlled ethanol cookstove intervention*. Nigeria: Science of the Total Environment.
- Dutta, A., Khramtsova, G., Brito, K., Alexander, D., Mueller, A., Chinthala, S., . . . Olopade, C. (2018). *Household air pollution and chronic hypoxia in the placenta of pregnant Nigerian women: A randomized controlled ethanol cookstove intervention*. Nigeria: Science of the Total Environment.
- ELLA. (2013). *ELLA Guide "The Story of Brazil's Ethanol Programme"*. Témoignages et enseignements tirés des expériences en Amérique latine.
- EPA. (2010). *Part II - Regulation of Fuels and Fuel Additives. Changes to Renewable Fuel Standard: Final Rule*. Federal Register 75 (58).
- EPE. (2012). *Balanço Energético Nacional 2012 (Brazilian Energy Balance 2012)*. Rio de Janeiro: EPE.
- EPE. (2020a). *Analysis of Biofuels' Current Outlook - Year 2019*. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética.
- EPE. (2020b). *Brazilian Energy Balance 2020*. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética.
- EPE. (2020c). *Investments and operating and maintenance costs in the biofuel sector: 2021- 2030*. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética.
- ESCAP. (2021). *Shaping a Sustainable Energy Future in Asia and the Pacific – A greener, more resilient and inclusive energy system*. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific.
- ESMAP. (2018). *Tracking SDG7: The Energy Progress Report 2018. Chapter 3: Access to clean fuels and technologies for cooking*. ESMAP.
- ESMAP. (2020). *The state of Access to Modern Energy Cooking Services*. La Banque Mondiale
- EUEI. (2012). *Mozambique biomass energy strategy*. Eschborn: European Union Energy Initiative Partnership Dialogue Facility.
- FAO. (2008). *The state of food and agriculture – Biofuels: prospects, risks and opportunities*. Rome: FAO.
- FAO. (2010). *Bioenergy and Food Security – The BEFS Analytical Framework, The Bioenergy and Food Security Project*. Rome: FAO.
- FAO. (2011). *Energy Smart Food for People and Climate, Issue Paper*. Rome: FAO.
- FAO. (2017). *Sustainable woodfuel for food security - A Smart choice: green, renewable and affordable*. Rome: FAO.
- FAO. (2017). *The future of food and agriculture. Cause for hope and concern - Trends and challenges that are shaping our future*. Rome: FAO.



- Farooq, A., Bangviwat, A., & Gheewala, S. (2020). *Life cycle cost analysis of ethanol production from sugarcane molasses for gasoline substitution as transport fuel in Pakistan*. Journal of Sustainable Energy and Environment.
- Fritsche, U. R., & Wiegmann, K. (2011). *Indirect Land Use Change and Biofuels*. Brussels: European Parliament's Committee on Environment.
- Gomez San Juan, M., Bogdanski, A., & Dubois, O. (2019). *Towards sustainable bioeconomy - Lessons learned from case studies*. Rome: FAO.
- Gouvernement du Mozambique. (2009). *Resolucao n.o 22/2009, Aprova a Política e Estsategia de Biocombustíveis, Boletim da República, Publicação Oficial da República de Moçambique, 3.o Suplemento*.
- Gupta, R., Puri, S., & Ramakumar, S. (2020). *India Biofuel economy roadmap - Challenges & Prospects*. IEA Bioenergy Task 39 - Newsletter Décembre 2020.
- Gursel, I., Quist-Wessel, F., Langeveld, H., Kline, K., Slingerland, M., Grassini, P., . . . Elbersen, W. (2020). *Variable demand as a means to more sustainable biofuels and biobased materials*. Biofuels, Bioproducts and Biorefining
- Horta Nogueira, L. (2021, April 2). Entretien téléphonique réalisé avec Luis Augusto Horta Nogueira, Itajubá University, Brésil. (D. Bacovsky, & D. Matschegg, Interviewers)
- IPCC. (2006). *National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC
- IRENA. (2015). *Africa 2030: Roadmap for a Renewable Energy Future*. Abu Dhabi : IRENA.
- IRENA. (2016). *Bioethanol in Africa: The case for technology transfer and south-south cooperation*. IRENA.
- IRENA. (2018). *Global Energy Transformation - A roadmap to 2050*. IRENA.
- IRENA. (2019). *Sugarcane bioenergy in southern Africa: Economic potential for sustainable scale-up*. Abu Dhabi : IRENA.
- IRENA. (2020). *Renewable Energy and Jobs - Annual Review 2020*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency
- Janssen, R. (2008). *Biofuels as Driving Force for Sustainable Development*. WIP.
- Janssen, R., & Rutz, D. (2015). *Policies for sustainable biofuels in Southeast Africa*. Vienne, Autriche : Actes de la 23ème conférence et exposition européenne sur la biomasse.
- Journal da Cana. (2012). *Números do Setor Sucroenergético (Numbers From the Sugarcane Industry)*. Journal da Cana.
- Karanja, A., Mburu, F., & Gasparatos, A. (2020). *A multi-stakeholder perception analysis of the adoption, impacts and priority areas in the Kenyan clean cooking sector*. Sustainable Science 15:333-351.
- Kline, K., Msangi, S., Dale, V., Woods, J., & Souza, G. (2017). *Reconciling food security and bioenergy: Priorities for action*. GCB Bioenergy 9:557-576.
- Kumar, S. (2021, April 16). Entretien téléphonique réalisé avec Sunil Kumar, ministère du Pétrole et du Gaz naturel, Inde.. (D. Rutz, Interviewer)
- La Banque Mondiale. (2014). *Clean and improved cooking in Sub-Saharan Africa*. La Banque Mondiale.
- Lloyd, P., & Visagie, E. (2007). *The testing of gel fuels, and their comparison to alternative cooking fuels*. South Africa: Journal of Energy in Southern Africa.
- Mendes Souza, G., Maciel Filho, R., Cantarella, H., Horta Nogueira, L., Rodrigues, R., & Machado, G. (2019). *IEA Bioenergy Task 39 - Implementation Agendas: 2018-2019 Update*. IEA Bioenergy Task 39.
- Mitchell, D. (2010). *Biofuels in Africa: Opportunities, Prospects and Challenges*. Washington DC: La Banque Mondiale..
- Mudombi, S., Nyambane, A., von Maltitz, G., Gasparatos, A., Johnson, F., Chenene, M., & Attanassov, B. (2018). *User perceptions about the adoption and use of ethanol fuel and cookstoves in Maputo, Mozambique*. Energy for Sustainable Development.
- Nyambane, A., Johnson, F., Romeu-Dalmau, C., Ochieng, C., Gasparatos, A., Mudombi, S., & von Maltitz, G. (2020). *Ethanol as a clean cooking alternative in Sub-Saharan Africa: insights from sugarcane production and ethanol adoption sites in Malawi and Mozambique*. Sustainable Challenges in Sub-Saharan Africa II.
- OCDE/FAO. (2020). *Agricultural Outlook 2020- 2029*. OCDE/FAO.
- Olopade, C., Frank, E., Bartlett, E., Alexander, D., Dutta, A., Ibigbami, T., . . . Ojengbede, O. (2017). *Effect of a clean stove intervention on inflammatory biomarkers in pregnant women in Ibadan, Nigeria: A randomized controlled study*. Environmental International.
- OMS. (2014). *WHO guidelines for indoor air quality: household fuel combustion*. OMS.
- ONUDI. (2018). *Lessons Learnt Report: A Model for South-South Technology Transfer - Ethanol Production from Cassava*. ONUDI.
- Patnaik, S., Tripathi, S., & Jain, A. (2019). *Roadmap for Access to Clean Cooking Energy in India*. Council on Energy, Environment and Water (CEEW).
- Pennise, D., Branta, S., Mahu Agbeve, S., Quaye, W., Mengesha, F., Tadele, W., & Wofchuck, T. (2009). *Indoor air quality impacts of an improved wood stove in Ghana and an ethanol stove in Ethiopia*. Energy for Sustainable Development.
- Pereira, L., Cavalett, O., Bonomi, A., Zhang, Y., Warner, E., & Chum, H. (2019). *Comparison of biofuel life-cycle GHG emissions assessment tools: The case*. Renewable and Sustainable Energy Reviews.

- Prasertsri, P., & Chanikornpradit, M. (2020). *Thailand Biofuels Annual 2020 - GAIN Report*. Bangkok: United States Department of Agriculture.
- Preechajarn, S., & Prasertsri, P. (2018). *Thailand Biofuels Annual 2018 - GAIN Report*. Bangkok: USDA Foreign Agricultural Service.
- Puzzolo, E., & Pope, D. (2017). *Clean Fuels for Cooking in Developing Countries*. Encyclopedia of Sustainable Technologies
- REN21. (2020). *Renewables 2020 Global Status Report*. REN21.
- Rosillo-Calle. (2012). *Food versus Fuel: Toward a New Paradigm—The Need for a Holistic Approach*. International Scholarly Research Network, ISRN Renewable Energy.
- Rutz, D., & Janssen, R. (2012). *Socio-economic impacts of different scales of biofuel production in Africa*. – In: Janssen R., Rutz D. (eds.) *Bioenergy for sustainable development in Africa*. Springer Science+Business Media B.
- Rutz, D., & Janssen, R. (2014). *Socio-economic impacts of biofuels on land use change*. – In: Rutz D., Janssen R. (ed.) *Socio-economic Impacts of Bioenergy Production*. Springer Science+Business Media B.V.
- Schut, M., Cunha Soares, N., van de Ven, G., & Slingerland, M. (2014). *Multi-actor governance of sustainable biofuels in developing countries: the case of Mozambique*. *Energy Policy* 65: 631-643.
- Schut, M., Slingerland, M., & Locke, A. (2010). *Biofuel developments in Mozambique: Update and analysis of policy, potential and reality*. *Energy Policy* 38(9).
- Searchinger, T., Heimlich, R., & Houghton, R. (2008). *Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change*. *Science* vol. 319.
- Sedano, F., Silva, J., Machoco, R., Meque, C., Siteo, A., Ribeiro, N., . . . Tucker, C. (2016). *The impact of charcoal production on forest degradation: a case study in Tete, Mozambique*. National Library of Medicine.
- SEI. (2002). *Charcoal Potential in Southern Africa*. Project report: CHAPOSA.
- Silva, J., Sedano, F., Flanagan, S., Ombe, Z., Machoco, R., Meque, C., . . . Hurtt, G. (2019). *Charcoal-related forest degradation dynamics in dry African woodlands: evidence from Mozambique*. *Applied Geography*.
- Souza, G., Victoria, R., Joly, C., & Verdade, L. (2015). *Bioenergy & Sustainability: Bridging the gaps*. São Paulo.
- Stokes, H. (2021, March 31). Entretien téléphonique réalisé avec Harry Stokes, Project Gaia. (R. Janssen, & D. Rutz, Interviewers).
- Strapasson, A., Ramalho-Filho, A., Ferreira, D., Vieeira, J., & Job, L. (2012). *Agro-ecological zoning and biofuels: the Brazilian experience and the potential application in Africa*.
- Suarez-Bertoa, R., Zardini, A., Keuken, H., & Astorga, C. (2015). *Impact of ethanol containing gasoline blends on emissions from a flex-fuel vehicle tested over the Worldwide Harmonized Light duty Test Cycle (WLTC)*. *Fuel*.
- Tostão, E., Henley, G., Tembe, J., & Baloi, A. (2016). *A review of social issues for biofuels investment in Mozambique*. Helsinki: WIDER Working Paper, UNU-WIDER.
- Trindade, S., Horta Nogueira, L., & Souza, G. (2019). *Relevance of LACAf biofuels for global sustainability*. Taylor and Francis Group.
- UN DESA. (2007). *Small-scale production and use of liquid biofuels in Sub-Saharan Africa: perspectives for sustainable development*. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs.
- USAID. (2017). *Clean and efficient cooking technologies and fuels*. USAID.
- USAID/TRAction and Global Alliance for Clean Cookstoves. (June 2016). Ghana: CPD Training.
- USDA. (2013). *Brazil, Biofuels Annual Report 2013*. Global Agricultural Information Network (GAIN)
- Van der Hilst, F., & Faaij, A. (2012). *Spatiotemporal cost-supply curves for bioenergy production in Mozambique*. Society of Chemical Industry and John Wiley & Sons Ltd.
- Van der Hilst, F., Verstegen, J. A., Woltjer, G., Smeets, E. M., & Faaij, A. P. (2018). *Mapping land use changes resulting from biofuel production*. GCB Bioenergy - John Wiley & Sons Ltd.
- Venichand, T. (2021, April 13). Entretien téléphonique réalisé avec Thelma Venichand, Zoe Enterprises, Mozambique. (R. Janssen, Interviewer).
- Visser, P., & Chidamoio, J. (2014). *Mozambique Biofuel Sustainability Framework*. Netherlands Enterprise Agency.
- Wang, M., Han, J., Dunn, J., Cai, H., & Elgowainy, A. (2012). *Well-to-wheels energy use and greenhouse gas emissions of ethanol from corn, sugarcane and cellulosic biomass for US use*. *Environmental Research Letters*.
- Wilkinson, J. (2014). *Brazilian Biodiplomacy in Africa – The case of biofuels, Report for Actionaid within the framework of the project ‘Impact of Biofuels on Food, Farmers and the Environment*. Rio de Janeiro.
- World Bioenergy Association. (2020). *Global Bioenergy Statistics 2020*. World Bioenergy Association
- Wuttimongkolchai, A. (2021, April 2). Entretien téléphonique réalisé avec Arunratt Wuttimongkolchai, PTT PLC, Thailand. (D. Bacovsky, & D. Matschegg, Interviewers)





Centre international de Vienne  
Wagramerstr. 5, Boîte postale 300  
A-1400 Vienne, Autriche



+43 1 26026-0



[www.unido.org](http://www.unido.org)



[unido@unido.org](mailto:unido@unido.org)



ORGANISATION DES NATIONS UNIES  
POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL