

CEE-ONU

Document d'orientation relatif à la réduction des émissions issues de la combustion des résidus agricoles



NATIONS UNIES

**Document d'orientation relatif
à la réduction des émissions
issues de la combustion
des résidus agricoles**



NATIONS UNIES

Genève, 2022

© 2022 Nations Unies

Cet ouvrage est disponible en accès libre en suivant les directives de la licence.

Creative Commons créée spécialement pour les organisations intergouvernementales.

La licence est disponible en ligne à l'adresse: <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/deed.fr>.

Les éditeurs ne peuvent pas reproduire le logo des Nations Unies dans leurs publications et doivent créer une nouvelle couverture. La mention légale suivante doit figurer dans les traductions: « Cet ouvrage est une traduction non officielle pour laquelle l'éditeur assume l'entière responsabilité. »

Il est demandé aux éditeurs d'envoyer le fichier de leur publication à permissions@un.org pour information.

Les photocopies et reproductions d'extraits sont autorisées accompagnées de la mention légale.

Les appellations employées et la présentation du matériel dans cette publication n'impliquent pas l'expression d'une quelconque opinion de la part du Secrétariat des Nations Unies concernant le statut juridique de tout pays, territoire, ville ou région ou de leurs autorités, ou concernant la délimitation de leurs frontières ou limites.

La présente publication est publiée en anglais, français et russe.

Publication des Nations Unies réalisée par la Commission économique pour l'Europe.

Crédits photos: Adobe Stock.

ECE/EB.AIR/153

PUBLICATION DES NATIONS UNIES

eISBN: 978-92-1-002307-8

Table des matières

I. Introduction	4
II. Objet et champ d'application	6
III. Définitions	8
IV. Effets et mesures directives et réglementaires en vigueur	10
A. Contexte général	11
B. Incidences sur la santé humaine	12
C. Effets climatiques	13
D. Incidences agricoles	14
E. Mesures directives et réglementaires en vigueur	15
V. Considérations relatives aux mesures efficaces de réduction des émissions issues de la combustion des résidus agricoles	16
A. Méthode intégrée	17
B. Solutions de remplacement de la combustion des résidus agricoles	18
C. Services et mesures de soutien	22
D. Suivi et évaluation : nouvelles technologies satellitaires et contribution	25
VI. Situation en Europe orientale, dans le Caucase et en Asie centrale	26
VII. Conclusions and recommandations	28

I. Introduction



1. L'Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance a adopté le plan de travail pour 2020-2021 relatif à la mise en œuvre de la Convention (ECE/EB.AIR/144/Add.2) à sa trente-neuvième session (Genève, 9-13 décembre 2019). Au point 2.2.2 du plan de travail, l'Équipe spéciale des questions technico-économiques, en tant qu'organe directeur, a été chargée d'élaborer un document d'orientation relatif à la réduction des émissions issues de la combustion des résidus agricoles, en collaboration avec l'Équipe spéciale de l'azote réactif. À l'atelier technique spécial sur le brûlage agricole à l'air libre (Ottawa, 24 octobre 2019), qui s'est tenu parallèlement à la cinquième réunion annuelle de l'Équipe spéciale des questions technico-économiques (Ottawa, 22-24 octobre 2019), les experts ont examiné, entre autres questions, les définitions et les meilleures pratiques liées à la combustion des résidus agricoles, et ont convenu qu'un projet de document serait établi par l'International Cryosphere Climate Initiative.
2. Le présent document contient le rapport sur les meilleures techniques et pratiques disponibles, tel qu'adopté par l'Organe exécutif à sa quarante et unième session (Genève, 6-8 décembre 2021). Son objectif principal est d'aider les Parties à réduire les émissions de polluants atmosphériques et de polluants climatiques à courte durée de vie (en particulier, le carbone noir) – qui sont des facteurs des changements climatiques et dont les émissions résultent de la combustion des résidus agricoles, définie comme le brûlage des cultures tel que pratiqué dans toute la région de la Commission économique pour l'Europe (CEE) – et leurs effets négatifs sur la santé humaine et l'environnement. Les incendies de gestion des friches n'y sont pas abordés, mais les meilleures pratiques disponibles et les meilleures techniques disponibles en rapport avec l'usage nécessaire du feu dans les zones cultivées et dans les friches y sont commentées brièvement. Le document d'orientation traite de la surveillance et de la définition de la combustion des résidus agricoles et de ses émissions, ainsi que des pratiques et techniques visant à limiter ces émissions.



II. Objet et champ d'application

3. Ce document d'orientation, qui porte sur la réduction des émissions issues de la combustion des résidus agricoles, a été élaboré conformément au point 2.2.2. du plan de travail 2020-2021 relatif à la mise en œuvre de la Convention. Il est axé sur :
 - (a) Les impacts sociaux et économiques de la combustion des résidus agricoles ;
 - (b) Les meilleures techniques et pratiques disponibles pour réduire les émissions issues de la combustion des résidus agricoles. L'accent est mis sur les solutions remplaçant le brûlage, dont font partie les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques disponibles, en particulier dans un climat plus chaud et plus sujet à la sécheresse, où la propagation des incendies, l'intensification de l'érosion et l'accroissement des besoins en eau sont associés à l'usage du feu. Sont également abordées les circonstances dans lesquelles l'usage du feu peut s'avérer inévitable, principalement sur les terres cultivées, ainsi que les meilleures techniques et pratiques disponibles à cette fin ;
 - (c) Les autres mesures qui peuvent contribuer à la réduction des émissions issues de la combustion des résidus agricoles, telles que le versement de subventions à l'emploi de pratiques sans brûlage et l'apport d'un soutien sous forme de prêt aux techniques de remplacement, y compris les équipements (voir la section V.C ci-dessous). On trouvera à la section IV.E un bref aperçu des mesures directives et réglementaires en vigueur qui peuvent contribuer à l'adoption des meilleures techniques et pratiques disponibles pour réduire les émissions issues de la combustion des résidus agricoles, comme cela a été fait avec succès dans certains pays de la CEE.
4. Le présent document répond également à la nécessité d'informer les Parties à la Convention et les autres parties prenantes, y compris celles qui ne font pas partie de la région de la CEE, des meilleures pratiques et techniques disponibles pour réduire les émissions issues de la combustion des résidus agricoles, en tant que mesures également propres à favoriser l'adaptation à un climat plus chaud caractérisé par des phénomènes météorologiques extrêmes plus importants qui menacent particulièrement l'agriculture.

III. Définitions



5. Les définitions suivantes s'appliquent :

- (a) Par « combustion de résidus agricoles » on entend tout brûlage intentionnel dans le secteur agroforestier, y compris le brûlage du chaume et des pâturages et l'usage du feu pour nettoyer les jachères, défricher les sous-bois et éliminer les résidus de l'abattage forestier, qu'il s'agisse d'un brûlage *in situ* ou en tas (hors site ou *ex situ*), ainsi que les incendies qui se propagent à partir de ces brûlages intentionnels dans le secteur agroforestier. Sont exclus uniquement les brûlages autorisés sur les friches pour prévenir les incendies ou restaurer les écosystèmes dépendants du feu, ou la combustion *ex situ* comme source d'énergie (par exemple, de granulés pour le chauffage urbain) ;
- (b) La « biomasse » désigne la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la foresterie et des industries connexes ;
- (c) Par « agriculture respectueuse de l'environnement » ou « agriculture sans travail du sol » on entend un ensemble de pratiques qui impliquent le non-travail (labourage) du sol, associé à d'autres pratiques telles que le recours à des cultures de couverture ;
- (d) Par « agriculture à travail réduit du sol » on entend un travail minimal du sol (labourage de la couche supérieure uniquement) ;
- (e) Par « travail conventionnel du sol » on entend l'emploi de plusieurs outils – charrues, semoirs, rotors, etc. – qui travaillent le sol en profondeur ;
- (f) Les « terres en jachère » désignent les champs autrefois utilisés pour l'agriculture qui ont été abandonnés avec différents niveaux d'incursion de la végétation et de succession ;
- (g) Les « friches » désignent les forêts et les prairies qui n'ont jamais été utilisées pour l'agriculture, ou qui ont été restaurées à un état naturel ou sauvage après une utilisation agricole antérieure ;
- (h) L'expression « brûlage dirigé », telle qu'elle est utilisée dans le présent document, fait uniquement référence aux incendies de friches ou aux feux visant à prévenir la propagation des incendies ;
- (i) L'expression « brûlage géré », telle qu'elle est utilisée dans le présent document, désigne l'usage autorisé du feu sur les terres agricoles ;
- (j) Le « brûlage en tas » désigne la pratique consistant à rassembler les résidus hors du site (normalement en bordure des champs) afin de les brûler de manière plus contrôlée. Ces tas sont également constitués pour rassembler les résidus destinés à une autre utilisation (fourrage, transformation en granulés, etc.) ;
- (k) Par « bioénergie » on entend l'utilisation de la biomasse et d'autres matières biologiques (fumier) pour la production d'énergie, notamment de combustibles tels que les granulés, le biogaz et l'éthanol ;
- (l) Les « incendies » sont des feux qui se propagent de manière non intentionnelle en raison de l'activité humaine ou de facteurs tels que la foudre (principalement en haute altitude ou dans les régions boréales de haute altitude) ou la combustion spontanée dans des conditions extrêmement sèches. Les estimations montrent que jusqu'à 85 % des incendies se propagent principalement à partir de pratiques comme la combustion de résidus agricoles¹, surtout à proximité des forêts, mais les causes humaines comprennent également les feux de poubelles, les étincelles provenant de lignes de transport électrique ou d'actions humaines telles que le fait de jeter des objets chauds depuis des véhicules routiers ou des trains.

¹ Jennifer K. Balch *et al.*, « Human-started wildfires expand the fire niche across the United States », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 114, n° 11, p. 2 946 à 2 951.

IV.

Effets et mesures directives et réglementaires en vigueur



A. Contexte général

6. Le brûlage est une pratique agricole aux racines historiques profondes. Les agriculteurs brûlent pour diverses raisons, rarement par simple tradition. Cette pratique est utilisée, par exemple, pour éliminer à peu de frais l'excès de paille qui pourrait autrement bloquer ou briser les charrues, pour se débarrasser des insectes nuisibles et des mauvaises herbes, notamment en foresterie, pour faire disparaître les résidus de sous-bois ou d'abattage forestier ou parce que l'on pense à tort que la combustion « fertilise » le sol grâce aux cendres². Dans les sections suivantes, il apparaîtra clairement que pour réduire efficacement les émissions issues de la combustion des résidus agricoles, les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques disponibles doivent répondre à ces raisons sous-jacentes du brûlage en proposant des solutions de remplacement efficaces.
7. Quelles que soient les raisons de la combustion des résidus agricoles, le brûlage produit de nombreux effets économiques et environnementaux négatifs à court et à long terme. La combustion des résidus agricoles accentue les effets du travail du sol et de l'érosion en rendant le sol plus fragile du fait de la perte de matière organique à la surface du sol et en-dessous. Une structure de sol nue et fragile est sujette à l'érosion éolienne et hydrique, le brûlage causant une perte de matière organique en surface, qui est la couche la plus riche. Lorsque le chaume ou l'herbe brûle, la matière organique (ou humus) du sol est également perdue. La combustion des résidus agricoles entraîne aussi une perte importante de nutriments, notamment d'azote (N)³ et de phosphore (P). Dans les systèmes de gestion agricole et forestière, elle est également à l'origine d'une perte nette de carbone, provoquée par la perte de matière organique du sol, et d'importantes émissions en rafale de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et d'autres gaz à effet de serre tels que l'oxyde nitreux (N₂O) dans l'atmosphère, en

particulier lorsqu'elle fait se propager les incendies. La perte de matière organique du sol due à sa combustion entraîne d'autres conséquences, telles que la réduction des taux d'infiltration dans le sol et d'autres conséquences économiques tangibles pour l'agriculteur. En outre, un quart de tous les organismes vivants se trouvent dans les couches supérieures du sol touchées par la combustion des résidus agricoles⁴, de sorte que la biodiversité mondiale est également affectée.

8. Cette perte de fertilité due au brûlage devra être contrebalancée par une plus grande utilisation d'engrais coûteux (entre 25 % et 35 %)⁵ pour maintenir les rendements des cultures et s'accompagnera d'une plus grande érosion du sol et d'un plus grand ruissellement causé par la structure plus fragile du sol brûlé, comme indiqué ci-dessus. Les effets environnementaux supplémentaires de la combustion des résidus agricoles comprennent donc la dégradation des systèmes d'eau locaux en raison de l'ajout d'engrais et de l'incursion dans le sol, ainsi qu'un besoin accru de ressources en eau pour l'irrigation, à un moment où ces ressources sont déjà soumises à un stress dû aux changements climatiques et à la disparition des glaciers. L'utilisation supplémentaire d'engrais entraîne également des émissions supplémentaires de polluants atmosphériques tels que l'ammoniac (NH₃), provoquant la formation de particules secondaires⁶. Ces incidences négatives sur l'environnement s'accompagnent d'incidences négatives directes sur la santé humaine dues aux émissions de polluants atmosphériques et à la fumée, qui peuvent dans certains cas être extrêmes (comme à Moscou en 2010⁷ et à New Delhi en 2017 et 2019⁸).
9. En revanche, les méthodes sans brûlage permettent non seulement d'éliminer les émissions de particules (PM_{2,5}), de composés organiques volatils (COV), de carbone noir et de gaz à effet de serre (GES), mais aussi de garantir un certain degré d'adaptation et de résilience aux changements climatiques et

² Pam Pearson *et al.*, « Fire in the Fields: Moving Beyond the Damage of Open Agricultural Burning on Communities, Soil and the Cryosphere. A CCAC Project Summary Report: Impacts and Reduction of Open Burning in the Andes, Himalayas – and Globally » (2015).

³ John Heard, Curtis Cavers et Greg Adrian, « The nutrient loss with straw removal or burning in Manitoba ». Disponible à l'adresse www.umanitoba.ca/faculties/afs/MAC_proceedings/2001/pdf/heard2.pdf.

⁴ E. M. Bach et D. H. Wall, « Trends in Global Biodiversity: Soil Biota and Processes ». *Encyclopedia of the Anthropocene* (2018), p. 125 à 130.

⁵ Alison J. Eagle *et al.*, « Nitrogen dynamics and fertilizer use efficiency in rice following straw incorporation and winter flooding », *Agronomy Journal*, vol. 93, n° 6 (novembre 2001), p. 1 346 à 1 354 ; Alison J. Eagle *et al.*, « Rice yield and nitrogen utilization efficiency under alternative straw management practices », *Agronomy Journal*, vol. 92, n° 6 (novembre 2000), p. 1 096 à 1 103.

⁶ Elias Giannakis *et al.*, « Costs and benefits of agricultural ammonia emission abatement options for compliance with European air quality regulations », *Environmental Sciences Europe*, vol. 31, art. n° 93 (2019).

⁷ Boris Porfiriev, « Evaluation of human losses from disasters: The case of the 2010 heat waves and forest fires in Russia », *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 7 (mars 2014), p. 91 à 99.

⁸ Santosh H. Kulkarni *et al.*, « How much does large-scale crop residue burning affect the air quality in Delhi ? », *Environmental Science and Technology*, vol. 54, n° 8 (avril 2020), p. 4 790 à 4 799.

aux phénomènes météorologiques extrêmes. C'est particulièrement le cas pour les méthodes avec travail réduit du sol et surtout sans travail su sol, en particulier lorsqu'elles sont combinées à l'implantation de cultures de couverture et l'injection de fumier (une série de méthodes agricoles appelées « agriculture respectueuse de l'environnement »). D'autres méthodes contribuent également au développement durable, par exemple l'utilisation du chaume comme bioénergie ou combustible pour les cuisinières, afin de préserver les ressources forestières.

10. Les effets négatifs de la combustion des résidus agricoles, notamment la perte de rendement des cultures et l'augmentation du coût des engrais, se traduisent par une baisse des revenus des agriculteurs. Une fois avérées, ces incidences sur les bénéfices finissent par susciter la recherche de solutions de remplacement. Dans de nombreuses régions d'Amérique latine où se trouvent de grandes entreprises agroalimentaires (Argentine, Brésil, Bolivie orientale), cette transition vers des méthodes sans brûlage s'est déjà produite pour des raisons entièrement économiques⁹. En Europe occidentale et en Amérique du Nord, les effets constatés sur la santé humaine (y compris les accidents de la circulation causés par la fumée de la combustion des résidus agricoles), ainsi que les mesures réglementaires et incitatives adoptées, ont accéléré cette transition. Suite à leur adhésion à l'Union européenne, la Pologne et les États baltes ont réduit le brûlage de 90 % en cinq ans seulement, ce qui montre qu'une transition vers des méthodes sans brûlage peut se produire rapidement avec des mesures de soutien (alliant l'introduction progressive de réglementations de l'Union européenne de plus en plus strictes et le versement de subventions aux agriculteurs pour faciliter la transition) et la réalisation d'une étude cartographique des incendies en 2006¹⁰. Cependant, dans un certain nombre de pays de la région de la CEE, y compris ceux de l'Union européenne et de l'Amérique du Nord, les agriculteurs ont encore

recours au brûlage à l'air libre à des fins diverses. Dans un contexte de réchauffement climatique, cet usage du feu a entraîné ces dernières années de vastes incendies, notamment en Europe du Sud¹¹ et en Sibérie (Fédération de Russie¹²).

B. Incidences sur la santé humaine

11. Récemment, les autorités ont commencé à s'intéresser aux effets à plus long terme sur la santé d'un seul incendie ou d'une seule saison d'incendies sur les populations exposées au transport à longue distance, en particulier chez les enfants, ainsi qu'aux effets économiques des incendies sur la santé. Selon une étude rétrospective réalisée en 2019 au Canada, les décès prématurés annuels attribuables à une exposition à court terme allaient de 54 à 240 et ceux attribuables à une exposition à long terme de 570 à 2 500 ; de nombreux problèmes de santé cardio-respiratoires non mortels ont également été constatés. Il a été estimé que la valeur économique annuelle des effets des incendies sur la santé de la population canadienne se situait entre 410 millions et 1,8 milliard de dollars au titre des effets aigus sur la santé et entre 4,3 et 19 milliards de dollars au titre des effets chroniques sur la santé pour la période de cinq ans considérée¹³.
12. Cet intérêt pour la recherche est dû en grande partie à l'augmentation de la fréquence d'exposition à des incendies uniques, ainsi qu'à l'accroissement de la durée des incendies et des fumées qui y sont associées dans un climat plus sec et plus chaud. Par exemple, les visites aux urgences pour détresse respiratoire dans une communauté du Montana (États-Unis d'Amérique) ont plus que doublé en 2017 par rapport à 2016 après une période estivale prolongée d'exposition à la fumée, le nombre d'admissions le plus élevé commençant un mois après l'incendie, alors que des études antérieures avaient montré un nombre de visites aussi élevé uniquement pendant ou peu après l'incendie¹⁴. Il est possible qu'un seul incident d'exposition ait des effets à long terme, les très jeunes enfants

⁹ R. Peiretti et J. Dumanski, « The transformation of agriculture in Argentina through soil conservation », *International Soil and Water Conservation Research*, vol. 2, n°1 (mars 2014), p. 14 à 20.

¹⁰ Ashley Pettus, « Agricultural fires and Arctic climate change: A special CATF report » (Clean Air Task Force, 2009).

¹¹ Bruno Marcos *et al.*, « Improving the detection of wildfire disturbances in space and time based on indicators extracted from MODIS data: a case study in northern Portugal », *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 78 (juin 2019), p. 77 à 85.

¹² Elena A. Kukavskaya *et al.*, « The impact of increasing fire frequency on forest transformations in southern Siberia », *Forest Ecology and Management*, vol. 382 (décembre 2016), p. 225 à 235.

¹³ Carlyn J. Matz *et al.*, « Health impact analysis of PM_{2.5} from wildfire smoke in Canada (2013-2015, 2017-2018) », *Science of the Total Environment*, vol. 725 (juillet 2020).

¹⁴ Justine A. Hutchinson *et al.*, « The San Diego 2007 wildfires and Medi-Cal emergency department presentations, inpatient hospitalizations, and outpatient visits: An observational study of smoke exposure periods and a bidirectional case-crossover analysis », *PLoS Medicine*, vol. 15, n° 7 (juillet 2018) ; et Sarah B. Henderson *et al.*, « Three measures of forest fire smoke exposure and their associations with respiratory and cardiovascular health outcomes in a population-based cohort », *Environmental Health Perspectives*, vol. 119, n° (9) (septembre 2011), p. 1 266 à 1 271.

(<4 ans), les personnes âgées et celles souffrant déjà d'affections respiratoires étant les plus gravement touchés. Il ressort de l'examen de plus de 50 articles validés par des pairs en Asie, en Australie, en Europe et en Amérique du Nord que l'exposition à la fumée provenant de la combustion de la biomasse est associée à une morbidité respiratoire en général et à une aggravation des cas d'asthme et de bronchopneumopathie chronique obstructive en particulier¹⁵.

C. Effets climatiques

13. Les effets climatiques de la combustion des résidus agricoles proviennent des émissions de CO₂ et d'autres GES, ainsi que des polluants climatiques à courte durée de vie. Ces derniers sont principalement constitués des trois polluants que sont le CH₄, le carbone noir et l'ozone troposphérique (qui n'est pas émis directement mais résulte des interactions entre la lumière du soleil et d'autres polluants émis (précurseurs), en particulier les COV, y compris le CH₄, le CO et le NOx). Ils restent dans l'atmosphère pendant quelques jours à plusieurs semaines (carbone noir et ozone troposphérique), et jusqu'à douze ans (CH₄). Il s'ensuit que leur diminution peut avoir un effet positif presque immédiat sur le climat et sur la température.
14. Le carbone noir est un agent de réchauffement particulièrement puissant lorsqu'il est transporté au-dessus de la glace et de la neige ou surtout se dépose directement sur elles ; il a été associé à des taux plus élevés de perte de la couverture neigeuse et de recul des glaciers. Alors que les émissions des feux qui ne sont pas proches de la cryosphère (régions enneigées et glacées telles que l'Arctique, les Alpes ou les Rocheuses) ou d'autres surfaces très réfléchissantes pourraient être à l'origine d'un refroidissement à court terme en raison des substances co-émises telles que le carbone organique léger ou les sulfates, il n'en est rien à proximité de la cryosphère, où tous les feux causent un réchauffement au niveau régional en raison de la rétroaction de l'albédo. Les émissions de gaz à effet de serre dues aux incendies entraînent évidemment un réchauffement dans tous les cas. La combustion des résidus agricoles et les incendies (y compris les incendies non anthropiques) constituent la principale source d'émissions de carbone noir à l'échelle mondiale puisqu'ils représentent plus d'un tiers du total annuel (environ 2 700 Gg, soit 36 %) ¹⁶.
15. Sur le plan des émissions de CO₂, la combustion des résidus agricoles a longtemps été considérée comme essentiellement « neutre en carbone », car on supposait que la même quantité de carbone perdue par le feu serait fixée par la récolte de l'année suivante. Cependant, à mesure que la compréhension des cycles du carbone dans le sol s'est développée, il est devenu évident pour la grande majorité des chercheurs que, en raison de la perte d'humus, de la structure du sol et du sol lui-même¹⁷, la quantité de carbone perdue chaque année est supérieure à celle qui peut être remplacée par une culture ultérieure. Elle varie selon les sols et les systèmes de culture, mais il convient de noter que les sols fortement brûlés et cultivés du Penjab, en Inde, sont aujourd'hui largement dépourvus de carbone. Il s'agit d'un domaine où les recherches sont très actives, notamment en ce qui concerne la mesure dans laquelle les changements apportés aux systèmes de culture pourraient jouer le rôle de futurs puits de carbone dans des systèmes de culture et de foresterie plus modernes, sans brûlage.
16. La combustion des résidus agricoles n'étant plus considérée comme neutre en carbone, les émissions provenant du brûlage à l'air libre des déchets agricoles pourraient occulter les estimations nationales actuelles des émissions de GES. Historiquement, la plupart des pays n'ont pas incorporé ou ont sous-estimé les émissions provenant du brûlage à l'air libre en raison de la difficulté à suivre les incendies d'une année sur l'autre, ainsi que d'une erreur de déclaration due au fait que de nombreux pays ont des lois (largement non appliquées) interdisant le brûlage, conduisant à faire une estimation erronée de « zéro » émissions. Cependant, l'évolution de la technologie de surveillance par satellite au cours de la dernière décennie a fourni une méthode incomparablement précise et neutre pour calculer les émissions actuelles provenant du brûlage à l'air libre¹⁸. La technologie actuelle des satellites à suite de radiomètres pour imageurs dans l'infrarouge et le visible appelée VIIRS

¹⁵ Colleen E. Reid *et al.*, « Critical review of health impacts of wildfire smoke exposure », *Environmental Health Perspectives*, vol. 124, n°9 (septembre 2016), p. 1 334 à 1 343.

¹⁶ T. C. Bond *et al.*, « Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment », *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 118, n° 11 (juin 2013), p. 5380 à 5552.

¹⁷ Shiv Kumar Lohan *et al.*, « Burning issues of paddy residue management in north-west states of India », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81 (2018), p. 693 à 706.

¹⁸ Paolo Prosperi *et al.*, « New estimates of greenhouse gas emissions from biomass burning and peat fires using MODIS Collection 6 burned areas », *Climatic Change*, vol. 161, n° 3 (août 2020), p. 415 à 432.

(visible infrared imaging radiometer suite) a permis d'obtenir une résolution de plus en plus fine non seulement des incendies ou des zones brûlées, mais aussi de la culture pratiquée avant le brûlage, ce qui donne des estimations beaucoup plus précises des émissions de CO₂, de CH₄, de carbone noir et d'autres substances à partir d'un type de culture brûlée dans des conditions données (voir la section V.D ci-dessous). En outre, il a été démontré que le brûlage systématique des prairies gérées en Europe réduisait la biodiversité¹⁹, même lorsque celui-ci est utilisé pour éliminer efficacement les déchets, ce qui remet en question la fréquence (c'est-à-dire l'intervalle entre deux incendies) de cette pratique.

D. Incidences agricoles

17. Le brûlage à l'air libre diminue principalement la capacité de production du sol en détruisant l'humus (matière organique) et la consistance du sol, qui sont indispensables à de bons rendements. Des études montrent que le rendement des cultures sur les champs brûlés est en moyenne inférieur de 20 % à 35 %. À l'inverse, les champs brûlés nécessitent environ 25 % d'engrais en plus pour maintenir les rendements, ce qui augmente les coûts supportés par l'agriculteur. À chaque brûlage successif, les sols perdent davantage de nutriments – non seulement de l'azote et du phosphore, mais aussi du carbone.
18. Le manque de carbone organique du sol et la chaleur élevée du brûlage compactent également le sol, le rendant plus fragile et sujet à l'érosion éolienne et hydrique. Cette érosion est plus manifeste sur les flancs des collines, mais l'érosion éolienne touche également les plaines, où le niveau du sol diminue chaque année à mesure que le brûlage et le labourage font baisser le niveau de la couche arable. Les effets de l'érosion sont visibles sur les terres agricoles où les puits et les citernes d'eau en ciment, creusés à l'origine au niveau du sol, se trouvent désormais à quelques mètres au-dessus du sol actuel. Lorsque l'irrigation est nécessaire, il faut utiliser de plus grandes quantités d'eau pour compenser la fragilité des sols, ce qui épuise encore davantage des ressources déjà mises à mal par un climat plus chaud.
19. Après le brûlage et l'érosion qui en découle, la fertilité naturelle restante du sol provient des couches plus profondes situées sous la partie brûlée. Cela revient à s'enfoncer de plus en plus profondément dans la terre au fur et à mesure que les sols s'érodent jusqu'à ce qu'à un moment donné, il ne reste plus de terre arable, comme on peut le voir aujourd'hui dans certaines parties des Andes. Le ruissellement des engrais est également plus important en raison de la fragilité des sols, qui sont moins aptes à retenir les engrais en place.
20. Ces effets négatifs valent pour tous les usages du feu dans le secteur agroforestier, mais ils sont plus importants lorsque le feu est utilisé annuellement, ou même deux ou trois fois par an, sur des terres de faible rendement comme celles des régions boréales hautes ou dans les régions montagneuses où il n'y a qu'une fine couche de terre arable. Dans ces écosystèmes, le brûlage, même s'il n'est pratiqué qu'une seule fois, peut limiter l'exploitation agricole des terres à quelques saisons ou cultures, après quoi l'agriculteur s'en va, laissant un site épuisé et érodé, difficile ou impossible à restaurer dans son état antérieur.
21. Cette règle vaut également pour les brûlages forestiers servant à débroussailler avant l'abattage des arbres sur des terrains escarpés où la terre arable est peu présente. Une fois les arbres abattus, les terres restantes, même si elles sont plantées de nouveaux plants, demeurent plus sujettes à l'érosion et aux glissements de terrain. Les pâturages ne gagnent pas non plus en « fertilité » après un brûlage : si certaines espèces non graminées et invasives peuvent être éliminées, la qualité et la nutrition du bétail des pâturages brûlés sont amoindries si on n'utilise pas d'engrais²⁰, ce qui représente un investissement que réalisent rarement les bergers, surtout dans les pays en développement.
22. En résumé, si le brûlage peut répondre à certains besoins à court terme, les dommages globaux causés à la structure et à la fertilité du sol, voire la perte totale de sol due à l'érosion, rendent cette pratique non viable économiquement à long terme dans les secteurs agricole et forestier.

¹⁹ Orsolya Valkó *et al.*, « Litter removal does not compensate detrimental fire effects on biodiversity in regularly burned semi-natural grasslands », *Science of the Total Environment*, vol. 622 et 623 (mai 2018), p. 783 à 789.

²⁰ Derek W. Bailey, « Identification and creation of optimum habitat conditions for livestock », *Rangeland Ecology & Management*, vol. 58, n° 2 (2005), p. 109 à 118.

E. Mesures directives et réglementaires en vigueur

23. L'usage du feu dans les systèmes agricoles est réglementé dans certains pays de la CEE depuis le début des années 1980, souvent au niveau infranational, afin de répondre aux conditions locales et aux objectifs stratégiques. Ces différentes motivations sous-jacentes ont souvent un impact sur la portée des mesures adoptées, surtout lorsqu'elles évoluent dans le temps. Parmi elles, on peut citer :

- (a) La prévention de la propagation des incendies, qui consiste à contrôler le moment où le brûlage peut avoir lieu, par exemple en exigeant la délivrance d'autorisations pour empêcher de brûler dans des conditions de sécheresse excessive ;
- (b) Les problèmes de visibilité pour les aéronefs et les véhicules terrestres, qui peuvent rendre nécessaire la délivrance d'autorisations conformément à ce qui précède, ou l'interdiction de l'usage du feu près des aéroports ou des routes principales ;
- (c) Les préoccupations relatives à la qualité de l'air, souvent liées aux valeurs limites d'émissions globales de PM_{10} ou $PM_{2,5}$ et aux valeurs cibles pour le benzo(a)pyrène y compris le respect des directives de l'Union européenne sur la qualité de l'air ambiant²¹ et sur la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques²², qui établissent des exigences si strictes pour le brûlage qu'elles reviennent à l'interdire de fait. La plupart des États membres de l'Union européenne (à quelques exceptions près) ont interdit le brûlage agricole dans le cadre des normes de bonnes conditions agricoles et environnementales (BCAE). L'annexe II sur les règles relatives à la conditionnalité du

règlement 1306/2013 de l'Union européenne sur la politique agricole commune²³ comprend la norme 6 des BCAE : « Maintien des niveaux de matière organique des sols par des pratiques idoines, notamment grâce à l'interdiction du brûlage du chaume, sauf pour des raisons phytosanitaires » ;

- (d) Les préoccupations relatives à la qualité du sol et à l'érosion, notamment la prévention des tempêtes de poussière à grande échelle et la perte de couche arable, ont également donné lieu à des interdictions de facto dans les pays de l'Union européenne et d'Amérique du Nord.

24. Ces différents objectifs ont souvent conduit à l'adoption de mesures disparates. Certains pays maintiennent un système de brûlages autorisés, dans le but de prévenir la propagation des incendies, en exigeant des intéressés qu'ils obtiennent des autorisations qui sont censées leur être refusées dans des conditions de sécheresse inhabituelle. Compte tenu de l'incidence croissante des incendies dans des conditions de sécheresse, ainsi que des preuves de plus en plus nombreuses des effets négatifs du brûlage sur les sols, sur les rendements agricoles et sur le bilan carbone, les politiques ont clairement tendance à évoluer vers des interdictions de fait, compte tenu de la vaste zone géographique sur laquelle la fumée et la poussière peuvent se propager et avoir des effets néfastes sur la santé. Lorsque des systèmes d'autorisation existent, ils ne sont pas toujours appliqués de manière uniforme et, dans certains pays, ils peuvent être largement ignorés par les agriculteurs et les autorités locales, en particulier lorsque les services de soutien et d'éducation des agriculteurs (souvent appelés « services de vulgarisation agricole ») sont peu présents ou inexistantes et ne peuvent pas aider les agriculteurs à utiliser des méthodes de culture fondées sur la science.

²¹ Directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, *Journal officiel de l'Union européenne*, L 152 (2008), p. 1 à 44, et Directive 2004/107/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant, *Journal officiel de l'Union européenne*, L 23 (2005), p. 3 à 16. Les directives concernant la qualité de l'air ambiant fixent des valeurs limites pour les $PM_{2,5}$ et les PM_{10} , ainsi que des valeurs cibles pour le benzo(a)pyrène, entre autres.

²² Directive (UE) 2016/2284 du Parlement européen et du Conseil du 14 décembre 2016 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques, modifiant la Directive 2003/35/CE et abrogeant la Directive 2001/81/CE (testé se référant à l'EEE), *Journal officiel de l'Union européenne*, L 344, 2016, p. 1 à 31. La partie 2.B de l'annexe III de la Directive concernant la réduction des émissions informe les États membres de l'Union Européenne des mesures de réduction potentielles de carbone noir concernant la combustion des résidus agricoles.

²³ Règlement (UE) n° 1306/2013 du Parlement européen et du Conseil du 17 décembre 2013 relatif au financement, à la gestion et au suivi de la politique agricole commune et abrogeant les règlements du Conseil (CEE) n° 352/78, (CE) n° 165/94, (CE) n° 2799/98, (CE) n° 814/2000, (CE) n° 1290/2005 et (CE) n° 485/2008, *Journal officiel de l'Union européenne*, L. 347 (2013), p. 549 à 607.



V. Considérations relatives aux mesures efficaces de réduction des émissions issues de la combustion des résidus agricoles

25. Dans le passé, l'action visant à réduire les émissions issues de la combustion des résidus agricoles portait principalement sur le brûlage « géré » ou « autorisé ». Ce type de brûlage ne vise toutefois qu'à prévenir la propagation des incendies (ainsi que la pollution atmosphérique et les risques pour les infrastructures qui y sont associés) en interdisant l'usage du feu dans des conditions de sécheresse dangereuse. Il n'est question ni des désavantages économiques découlant de la perte de fertilité des sols et d'autres effets négatifs sur l'agriculteur et les communautés locales, ni des émissions directes, dont l'impact peut souvent être important sur la santé humaine, d'où la nécessité de conseiller de rester à l'intérieur des habitations pendant la saison des incendies. En outre, dans un climat plus chaud et plus sec, même les brûlages autorisés se transforment souvent en incendies. Les meilleures techniques et pratiques disponibles décrites ci-dessous se concentrent donc principalement sur les méthodes sans brûlage, des informations supplémentaires étant données sur la limitation des émissions dues à l'usage du feu lorsque celui-ci est inévitable.

A. Méthode intégrée

26. Les méthodes les plus appropriées pour éviter les incendies varient en fonction d'un certain nombre de facteurs : cultures, pâturages, forêts, etc. ; ampleur relative de la culture ; disponibilité d'autres équipements, y compris besoins de financement. Elles ont surtout été appliquées avec succès lorsqu'une approche « en trois étapes » a été adoptée pour l'introduction de systèmes agricoles sans brûlage :

- (a) Cartographie et suivi permettant de définir le problème. Ces activités peuvent englober la cartographie par satellite et sur le terrain des schémas de brûlage à l'air libre, depuis l'échelon local jusqu'au niveau régional, y compris la cartographie rétroactive par satellite sur une période d'au moins plusieurs années, afin de recenser les sources d'émissions dues au brûlage à l'air libre qui sont les plus importantes et les plus persistantes (voir la section V.D ci-dessous) ;
- (b) Éducation des agriculteurs. Ces activités peuvent englober l'éducation, principalement dans le secteur de l'agroforesterie, à la fois concernant les effets négatifs de l'usage du feu et les solutions démontrées de remplacement des pratiques de brûlage à l'air libre qui sont

les plus importantes et les plus pertinentes pour les agriculteurs, grâce à la prestation de services de vulgarisation, y compris la constitution de partenariats locaux avec des entités privilégiant des pratiques agricoles plus durables (ONG, société civile, services de vulgarisation de l'État et des autorités fédérales, agro-industries). Au sein de la communauté agroforestière, c'est la vulgarisation axée sur la qualité du sol, le rendement des cultures et les avantages économiques qui s'est avérée la plus efficace²⁴, les cours plus théoriques sur la santé et la qualité de l'air l'étant moins ;

- (c) Un accroissement de la réglementation associée à l'éducation des agriculteurs et à la prestation de services de vulgarisation, y compris l'adoption d'éventuelles incitations. Ces activités peuvent comprendre l'introduction de mesures, aussi bien de réglementation que de soutien (subventions, garanties de prêts pour l'achat d'équipements, etc.), propres aux emplois les plus pertinents du feu, afin de soutenir la transition et de s'assurer que ceux qui pourraient être à la traîne respectent la réglementation.

27. Il est important de noter que ces « trois étapes » doivent se dérouler de manière successive pour garantir que les mesures adoptées seront les plus efficaces (sur le plan de la réduction des émissions et de l'utilisation des ressources). Une cartographie doit d'abord être réalisée pour s'assurer que les sources les plus importantes sont classées par ordre de priorité. L'éducation et le soutien des agriculteurs doivent précéder ou au moins accompagner toute mesure réglementaire. Les échecs les plus notables enregistrés dans la lutte contre le brûlage à l'air libre au cours des quarante dernières années (et il y en a eu beaucoup) se sont produits lorsque les autorités ont interdit le brûlage sans que des services de soutien et de vulgarisation adéquats soient déjà en place. De manière générale :

- (a) Si les services de vulgarisation ou la formation sont adaptés, les méthodes de remplacement permettent aux agriculteurs d'économiser de l'argent sur le travail manuel, le combustible, l'eau et les engrais, et peuvent donner lieu à des rendements équivalents ou meilleurs ;
- (b) Il faut démontrer les avantages économiques des méthodes sans brûlage par rapport à l'adoption d'aides conventionnelles ;

²⁴ P. Shyamsundar *et al.*, « Fields on fire: Alternatives to crop residue burning in India », *Science*, vol. 365, n°6453 (août 2019), p. 536 à 538.

- (c) Grâce à des ressources appropriées (humaines et financières), le brûlage a pu, dans certains exemples, être réduit de 90 % ou plus, atteignant un coût très faible voire négatif²⁵.

B. Solutions de remplacement de la combustion des résidus agricoles

28. Bien que la technique et les méthodes sans brûlage soient disponibles pour tous les systèmes agroforestiers, les parcelles, les cultures, les agriculteurs et les conditions météorologiques peuvent varier considérablement d'un endroit à l'autre, ce qui nécessite des approches propres à chaque région²⁶. Nous présentons ci-dessous quelques-unes des principales méthodes ou approches systémiques. Ces systèmes peuvent englober des stratégies de gestion des résidus *in situ* (sur le terrain) et *ex situ* (hors du terrain ou de l'exploitation).

1. Agriculture respectueuse de l'environnement

29. L'agriculture respectueuse de l'environnement est considérée comme la solution de remplacement la plus importante de l'agriculture conventionnelle par brûlage. Elle remplace l'agriculture conventionnelle au niveau mondial au rythme annuel de quelque 10 millions d'hectares de terres cultivées, car elle offre de nombreux avantages aux agriculteurs et à la société. En 2016, la superficie des terres cultivées en agriculture respectueuse de l'environnement couvrait quelque 180 millions d'hectares dans le monde (12,5 % des terres cultivées mondiales)²⁷. Ces systèmes d'agriculture sont étayés sur le plan écologique par trois principes interdépendants :

- (a) Une perturbation mécanique du sol inexistante ou minimale (par le non-travail du sol, par la pratique du semis direct et par la mise en culture et le désherbage sans labour) ;
- (b) Le maintien de la couverture de résidus sur le sol (par la pratique de la rétention des résidus de culture, du chaume et de la biomasse des cultures de couverture) ;

- (c) La diversification des cultures (par la pratique de rotations ou de séquences ou d'associations de cultures, y compris le recours à des cultures de couverture comprenant des plantes annuelles et vivaces comme les légumineuses, qui accroissent la fertilité du sol).

30. Les principales raisons d'adopter des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement peuvent être résumées comme suit :

- (a) Une meilleure économie agricole (réduction des facteurs de production comme les semences, l'engrais, les pesticides et l'eau, réduction des coûts des machines et du combustible, et gain de temps dans les opérations qui permettent le développement d'autres activités agricoles et non agricoles complémentaires) ;
- (b) La souplesse des techniques utilisées pour le semis, l'application d'engrais et le contrôle des mauvaises herbes (permettant des opérations plus rapides) ;
- (c) Le maintien ou la hausse des rendements (en fonction du niveau initial de dégradation du sol), une plus grande stabilité des rendements (comme effet à long terme) et une production saisonnière globale plus élevée ;
- (d) La protection des sols contre l'érosion hydrique et éolienne ;
- (e) Une utilisation plus efficace et une meilleure rétention des nutriments ;
- (f) La diminution des problèmes et des coûts de protection des cultures ;
- (g) Une utilisation plus efficace et une meilleure rétention de l'eau, et une meilleure économie de l'eau, y compris dans les zones arides.

31. Il est également possible de ne pas travailler le sol et de semer des cultures de couverture entre les rangées de cultures pérennes telles que les olives, les noix et les raisins ou les arbres fruitiers, ainsi que dans les systèmes de plantation d'huile de palme. Les pratiques agricoles respectueuses de l'environnement peuvent être utilisées pour les

²⁵ H. S. Dhaliwal, Harmeet Kaur et Dharvinder Singh, « Rice Residue Management: Punjab Agricultural Management and Extension Training Institute (PAMETI) – United Nations Environment Programme Project on Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants » (Ludhiana, Inde, PAMETI).

²⁶ S. Bhuvaneshwari, Hiroshan Hettiarachchi et Jay N. Meegoda, « Crop residue burning in India: Policy challenges and potential solutions », *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 16, n°5 (mars 2019).

²⁷ Amir Kassam *et al.*, « Global spread of conservation agriculture », *International Journal of Environmental Studies*, vol. 76, n°1 (2019), p. 29 à 51.

cultures d'hiver, pour les rotations traditionnelles avec des légumineuses, du tournesol et du colza, et pour les grandes cultures irriguées en aidant à optimiser la gestion du système d'irrigation, afin de conserver l'eau, l'énergie et la qualité du sol, de réduire les problèmes de salinité et de rendre l'emploi des engrais plus efficace.

32. Les principes susmentionnés, lorsqu'ils sont mis en pratique avec des solutions adaptées au niveau local et s'accompagnent d'autres bonnes pratiques de gestion intégrée des cultures, des nutriments, des nuisibles, de l'eau, de l'énergie, de la main-d'œuvre et de l'énergie agricole, ont montré sur tous les continents qu'il était possible de sortir de l'agriculture conventionnelle par brûlage.

2. Pratiques de travail réduit du sol

33. Le travail réduit du sol implique l'utilisation de matériel de labourage et de travail du sol, mais il est minimal et les résidus sont réincorporés dans le sol. Il partage certains des avantages d'une agriculture pleinement respectueuse de l'environnement et représente pour de nombreux agriculteurs une étape intermédiaire. Il est également nécessaire dans certains écosystèmes où la matière organique ne se décompose pas assez rapidement ou lorsque le temps de croissance est insuffisant pour pratiquer des cultures de couverture, par exemple dans les régions très froides et sèches. Il exige que les agriculteurs aient accès aux machines et au combustible appropriés, ainsi qu'au capital nécessaire pour les payer, mais c'est souvent la solution de remplacement du brûlage la moins intensive en capital et en travail de toutes. Le travail réduit du sol a également tendance à être plus facilement accepté par les agriculteurs, car il consiste simplement à abandonner le brûlage dans la préparation des champs.
34. Pour mettre complètement fin au brûlage, il suffit parfois de soutenir l'emploi de charrues en acier de meilleure qualité, qui permettent de briser l'épaisseur du chaume. Les broyeurs ajoutés aux moissonneuses-batteuses peuvent également faciliter l'incorporation du chaume dans le sol. Lorsque le sol a souffert de décennies de brûlage, l'incorporation peut être une nécessité, simplement pour rétablir la fertilité du sol, exigeant ainsi moins d'engrais et d'irrigation. Outre le travail minimal de champs entiers, certains systèmes agricoles ont recours à la culture en bandes, qui consiste à travailler le sol à une profondeur encore plus grande, mais uniquement en bandes étroites où les graines sont plantées.

3. Autres pratiques de remplacement

35. Les autres utilisations *ex situ* des résidus agricoles et forestiers vont de pratiques de faible technicité au niveau de l'exploitation – fourrage et litière pour animaux – aux techniques avancées – pâte à papier, bioplastiques et centrales de chauffage urbain utilisant du biogaz ou des granulés fabriqués à partir de résidus agricoles ou forestiers. Les deux requièrent des équipements et des investissements supplémentaires pour collecter les résidus, auxquels il faut ajouter (pour les solutions techniques sophistiquées) la création d'une chaîne de valeur commerciale et, au départ, des niveaux élevés d'investissement, par exemple dans des centrales de chauffage urbain. Les solutions techniques sophistiquées sont donc intrinsèquement plus à long terme que les meilleures pratiques et techniques *in situ*, et dépendent également d'autres conditions de marché telles que le coût des combustibles fossiles ou la création de subventions. En outre, les émissions dues au transport des résidus et le risque accru de propagation de maladies végétales à partir des résidus transportés doivent être soigneusement pris en compte.

Aliments pour animaux et litière

36. Certains résidus de culture peuvent aussi être utilisés comme nourriture et litière pour les animaux. Même si leur valeur nutritionnelle n'est pas la même que celle des résidus de pâturage, ils peuvent également être d'une grande valeur pour les petits agriculteurs. Dans certains pays, la perte d'une industrie d'élevage viable a été la cause immédiate de l'augmentation du brûlage puisque ce débouché avait disparu. Certains restes de cultures, comme le maïs, sont suffisamment nutritifs pour servir de fourrage de remplacement ; les résidus moins digestibles peuvent être utilisés comme litière.

Bioénergie

37. Divers résidus de cultures et de forêts peuvent être transformés en charbon bio, en granulés, en briquettes et en matériaux de construction. Ces techniques produisent moins d'émissions de polluants atmosphériques que le brûlage à l'air libre et permettent en même temps de réduire la dépendance à l'égard des combustibles fossiles pour la production d'énergie. L'utilisation des résidus agricoles à des fins énergétiques, à moins qu'elle ne se fasse directement au niveau de l'exploitation, nécessite des raffineries, des transports et un réseau de distribution. Néanmoins, surtout grâce aux

subventions initiales, cette méthode est de plus en plus pratiquée au niveau de l'exploitation et à l'échelon régional dans un certain nombre de pays de la CEE. Voici des précisions sur la production d'énergie au niveau de l'exploitation, sur le chauffage urbain et sur la production de biocombustibles :

- (a) La production d'énergie au niveau de l'exploitation se fait le plus souvent dans les exploitations agricoles alliant élevage et cultures, où les résidus agricoles sont mélangés au fumier pour produire du biogaz sur place dans de petits « cuiseurs/digesteurs ». Le biogaz est ensuite brûlé pour fournir de l'énergie à l'exploitation, l'excédent pouvant être vendu aux réseaux de distribution locaux ;
- (b) Le chauffage urbain désigne normalement le chauffage produit à partir de granulés tirés de résidus agricoles et forestiers. Il est particulièrement utilisé en conjonction avec le défrichement des sous-bois et les déchets de bois de construction (voir la section V.B.4 ci-dessous) ;
- (c) La production de biocombustibles :
 - (i) Le biogaz est normalement produit dans le cadre d'une approche intégrée de la gestion des déchets, souvent à proximité des zones urbaines et là où les résidus sont mélangés au fumier et à d'autres matières organiques provenant des entreprises et des ménages. La production de biogaz uniquement à partir de résidus agricoles et forestiers n'est pas actuellement une technique viable : la plupart des techniques employées pour le biogaz ne peuvent incorporer que 10 % à 20 % de résidus agricoles dans la biomasse totale utilisée, le fumier ou les déchets alimentaires étant les principaux composants. De même que le gaz naturel, le biogaz est ensuite utilisé comme combustible à des fins diverses, allant des véhicules au biogaz aux poêles et aux fours ;
 - (ii) L'éthanol peut être produit uniquement à partir de résidus agricoles, contrairement au biogaz. Cependant, la demande d'éthanol en tant que combustible est très faible dans les États membres de la CEE, bien qu'il y ait un intérêt pour un développement à grande échelle dans

certaines pays d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale.

4. Résidus de forêts, d'arbres fruitiers et de jachères

- 38. Les émissions provenant des forêts/exploitations forestières, des vergers ou des résidus de jachère constituent une source d'émissions potentiellement importante dans la région de la CEE, surtout si l'on tient compte du risque de propagation des incendies. Les exploitations forestières produisent de grandes quantités de résidus à la fois lors du débroussaillage périodique des sous-bois destiné à favoriser la croissance commerciale des arbres, et pendant le processus d'abattage, lorsque les arbres sont entièrement débarrassés de leurs branches pour faciliter le transport. Les broussailles ou les résidus de l'abattage forestier peuvent présenter un risque d'incendie et constituer des obstacles à la croissance ou à la repousse du bois. De même, les arbres fruitiers nécessitent un débroussaillage et une taille périodique des branches à éliminer. Les terres agricoles en jachère remises en production doivent être défrichées de toutes sortes d'éléments, depuis les herbes basses et les broussailles jusqu'aux arbres et buissons les plus gros.
- 39. Dans tous ces cas, le brûlage constitue une méthode facile et peu coûteuse pour éliminer la biomasse excédentaire, mais il s'accompagne souvent d'un risque extrême de propagation des incendies en raison de la nature de tous les types d'utilisation des sols, qui sont par définition à proximité d'autres forêts et champs. Le risque de propagation des incendies s'est accru en raison des changements climatiques, avec des périodes plus fréquentes de sécheresse et de températures élevées. Néanmoins, le brûlage dans des conditions plus humides produit de plus grandes quantités de $PM_{2,5}$ et d'autres polluants en raison de la faible température du feu²⁸.
- 40. Des méthodes sans brûlage existent et sont largement appliquées dans certains pays de la CEE. Les méthodes *in situ* consistent à broyer et à répandre l'excès de biomasse, souvent à l'aide d'une seule grosse machine, à l'instar des méthodes sans travail du sol et de travail réduit du sol sur les terres cultivées. Cela peut être particulièrement utile lors du débroussaillage de vergers ou de terres en jachère accueillant une nouvelle production, ce qui permet d'accumuler de l'humus et de réduire les besoins en engrais.

²⁸ Voir ECE/EB.AIR/2019/5, par. 29, 65 et 90.

41. Dans les exploitations forestières, les branches et la biomasse excédentaires sont souvent placées en gros tas près des routes forestières, où elles peuvent être transportées plus facilement en vue d'être transformées en granulés pour le chauffage urbain ou vers les scieries où elles sont mélangées à d'autres sous-produits du bois pour une variété d'utilisations telles que le papier, ou être transformées en paillis.
42. Cependant, contrairement aux méthodes avec travail réduit et sans travail du sol sur les terres cultivées, ces méthodes ont rarement un coût négatif pour les producteurs, sauf sur de longues périodes. Elles peuvent donc nécessiter que les pouvoirs publics adoptent certaines mesures économiques de soutien, à des degrés divers en fonction des conditions économiques rurales.

5. Pratiques pastorales

43. Le brûlage des pâturages reste une pratique courante dans certains États membres de la CEE, ainsi qu'au niveau mondial, notamment le brûlage annuel des savanes en Afrique subsaharienne (qui pourrait constituer la plus grande source mondiale de carbone noir et de PM_{2,5} par an). Sur les terres cultivées comme dans les pâturages, les feux réduisent la fertilité du sol et, en fin de compte, les rendements en herbe destinée à la pâture ou en foin à récolter. Parce que les pâturages abritent également une variété d'espèces, la perte de biodiversité due à la combustion des résidus agricoles est importante²⁹. Comme les pâturages font souvent partie des exploitations d'élevage, les agriculteurs épandent souvent du fumier à la surface des champs brûlés et non brûlés au printemps pour compenser la perte de fertilité ; c'est une pratique qui peut entraîner des émissions excessives d'ammoniac et, à terme, de N₂O, un puissant GES. L'épandage de fumier destiné à compenser les pertes de nutriments dues au brûlage peut également contribuer à la pollution des cours d'eau voisins, notamment parce que les champs brûlés sont plus sujets à l'érosion.

6. Gestion des friches

44. La protection des friches (forêts protégées non utilisées pour la production de bois de construction ; prairies ou savanes protégées ; zones humides, tourbières, marais et fagnes protégées) peut

nécessiter l'usage périodique du feu. Cet usage n'est pas considéré comme un « brûlage agricole à l'air libre » pour trois raisons :

- (a) Certains écosystèmes de friches dépendent des incendies périodiques pour maintenir leur état naturel. Un certain nombre d'espèces dépendent en fait du feu pour la dispersion des graines, la germination ou la régénération. Ces terres nécessitent l'usage du feu pour assurer leur fonctionnement écologique. Cependant, il convient de noter que ce type de brûlage est beaucoup moins fréquent que dans les systèmes agricoles humains et se produisant souvent à des échelles pluriannuelles ou décennales, plutôt qu'annuellement (et parfois, trois fois par an) comme c'est le cas sur certaines terres cultivées et dans certains systèmes de parcours/pastoraux ;
 - (b) La réduction du risque d'incendie dans des conditions de sécheresse ou de sécheresse extrême nécessite parfois des brûlages dirigés (brûlages effectués de manière professionnelle par des pompiers et des exploitants forestiers, dans des conditions extrêmement contrôlées). Ces brûlages sont inévitables, surtout lorsqu'ils se produisent pendant des incendies actifs. Ils peuvent cependant être rendus dans une certaine mesure moins nécessaires grâce à un débroussaillage régulier et proactif par des moyens mécaniques et pour tout autre type d'utilisation, comme indiqué dans la section V.B.4 ci-dessus ;
 - (c) La gestion autochtone des incendies (parfois appelée « brûlages culturels »), pratiquée par les peuples autochtones qui sont les premiers habitants d'une région donnée, a lieu pendant les saisons plus fraîches et plus humides afin de préserver les habitats et les ressources tout en réduisant les risques d'incendie et les émissions de carbone³⁰.
45. Dans le but de réduire la combustion des résidus agricoles, il est important que les pratiques de gestion des incidents ne soient pas confondues avec d'autres usages non nécessaires du feu dans les systèmes agroforestiers décrits dans les sections V.B.1 à V.B.6 ci-dessus.

²⁹ Dhaliwal, « Rice Residue Management ».

³⁰ William Nikolakis *et al.*, « Goal setting and indigenous fire management: A holistic perspective », *International Journal of Wildland Fire*, vol. 29, n° 11 (janvier 2020), p. 974 à 982.

7. Gestion du feu visant à réduire les émissions

46. Outre que l'usage du feu fait partie intégrante des écosystèmes naturels (friches), le brûlage dit géré (parfois appelé brûlage « autorisé ») est utilisé dans certains pays pour réduire le risque de propagation des incendies, et donc diminuer les émissions. L'usage du feu n'est pas considéré comme une meilleure technique ou pratique disponible pour réduire les émissions en raison de ses effets négatifs sur le sol, sur l'eau et sur la santé mentionnés ci-dessus. En résumé :
- (a) Les émissions et autres impacts négatifs sur la qualité du sol et de l'eau dus au feu se poursuivent. Il s'agit notamment des effets climatiques, en particulier dans l'Arctique et dans d'autres régions de la cryosphère, où les premières études ont constaté que le fait de modifier le moment du brûlage (lorsqu'il y a moins de neige ou de glace, ou lorsque les vents sont favorables) pourrait réduire les effets climatiques régionaux. En réalité, cependant, le transport du carbone noir est suffisamment compliqué, et les calendriers de plantation des agriculteurs suffisamment serrés pour rendre ces approches inefficaces : même au plus fort de l'été, il reste beaucoup de neige et de glace dans la région arctique, et même le brûlage pendant la période du coucher du soleil entraîne un dépôt de carbone noir ensuite activé pendant l'été de l'hémisphère Nord ;
 - (b) Le risque de propagation des incendies augmente dans un climat plus chaud et plus sujet à la sécheresse ; trouver le « bon » moment ou même un moment « acceptable » pour brûler peut s'avérer difficile, surtout pour les agriculteurs qui doivent procéder au labourage ou à l'ensemencement, souvent dans un délai très court ;
 - (c) Alors que les méthodes sans brûlage sont souvent considérées comme trop coûteuses pour certains agriculteurs, le matériel utilisé n'est pas plus cher que le matériel conventionnel (par exemple, les semoirs directs sont disponibles dans des tailles allant des semoirs à conducteur marchant ou même des semoirs à main classiques aux grands semoirs combinés) et les économies d'engrais et d'essence se traduisent rapidement ou immédiatement par des gains économiques³¹ ;
 - (d) Il est peut-être tout aussi important d'opérer un changement de paradigme en ce qui concerne la combustion des résidus agricoles aussi bien dans la région de la CEE qu'au niveau mondial. Le fait que les brûlages gérés doivent être approuvés officiellement n'implique pas clairement que l'usage du feu a des effets négatifs et doit être considéré comme une exception plutôt que comme la règle.
47. L'usage du feu est cependant nécessaire dans une certaine mesure, dans le cas des friches par exemple, comme indiqué ci-dessus. Plus important encore, si les forêts dépérissent grandement sous l'effet combiné des parasites et de la sécheresse, le risque d'incendie peut devenir extrême et le temps alloué à la récolte ou au ramassage des broussailles extrêmement sèches peut devenir insuffisant. Certaines cultures sont également sujettes à des infections de parasites ou de moisissures qui, à l'heure actuelle, ne peuvent être prévenues efficacement par l'utilisation de fongicides ; il existe un équilibre entre les impacts environnementaux du feu et ceux des fongicides. En outre, comme indiqué ci-dessus, les résidus forestiers peuvent actuellement être utilisés sans brûlage selon des modalités qui peuvent ne pas avoir un coût négatif, selon les conditions du marché local, même si l'utilisation future potentielle de la bioénergie avec captage et stockage du carbone peut faire augmenter le prix de cette autre méthode d'exploitation des résidus à l'avenir.
48. Lorsque le feu est utilisé, toutes les méthodes permettant de le limiter à la zone de brûlage souhaitée doivent être appliquées. Il peut s'agir de brûler des tas (bien que cela demande beaucoup de travail et de combustible, et une fois ramassés, les résidus peuvent avoir une valeur économique) et de faire en sorte que les autorités de lutte contre les incendies surveillent de près les brûlages dont elles sont généralement à l'origine.

C. Services et mesures de soutien

49. La mise en œuvre réussie des pratiques sans brûlage susmentionnées peut être facilitée par un certain nombre de services, de mesures et de réglementations de soutien, qui permettent notamment une adoption plus rapide afin de réduire les PM_{2.5} et d'autres émissions, ces mesures étant économiquement avantageuses pour l'agriculteur.

³¹ Theodor Freidrich, Rolf Derpsch et Amir Kassam, « Overview of the global spread of conservation agriculture », *Field Actions Science Reports*, Special Issue (2012).

1. Services de vulgarisation – formation et éducation

50. L'éducation, la formation et les parcelles de démonstration sont essentielles à la réussite de la transition vers une agriculture sans brûlage. De nombreux agriculteurs ignorent encore les avantages économiques des méthodes sans brûlage, ainsi que leur mise en œuvre, et ne veulent pas prendre le risque d'adopter de nouvelles méthodes. L'expérience des projets de démonstration montre que les techniques et les approches sans brûlage suscitent un grand intérêt et une forte demande une fois que ces avantages sont établis et démontrés concrètement. Il est donc important que les prestataires de services de vulgarisation agricole, qu'ils soient publics ou privés, connaissent mieux les pratiques sans brûlage afin de répondre aux besoins variables des différents systèmes de culture. Ces services peuvent éduquer et former les agriculteurs aux aspects du nouveau paradigme d'une agriculture intelligente face aux changements climatiques, afin d'entraîner un changement durable.

2. Matériel

51. La mécanisation porte sur toutes les techniques employées pour l'agriculture et la transformation, allant des outils manuels simples et élémentaires aux équipements motorisés plus avancés. Montrer ce qu'est une agriculture respectueuse de l'environnement et le matériel de travail réduit du sol peut aider les communautés à faire la transition. Il existe différentes options en fonction de la taille de l'exploitation ou de la parcelle : manuelle, à traction animale ou par tracteur ; de nombreux fabricants et maintes options existent dans toute la région de la CEE. Il s'agit également d'en profiter pour mettre au point des équipements nationaux adaptés aux conditions régionales. En plus de l'aide potentielle à l'achat de matériel, à la location ou à la propriété communautaire (voir la section C.5, cidessous), il est essentiel de bénéficier du soutien du fabricant ou de services de vulgarisation pour le dépannage et l'entretien adéquat du matériel afin que son utilisation soit continue et durable.

3. Communication : sensibilisation, participation communautaire et promotion

52. Le brûlage à l'air libre est également un problème de comportement qui peut être traité en changeant l'état d'esprit des agriculteurs et de la société grâce à une formation et à une information appropriée. Il faut entretenir des contacts constants et posséder

des connaissances actualisées, opportunes et concises sur les avancées enregistrées dans le domaine de l'agriculture pour que les attitudes et les comportements changent. L'implication d'institutions locales telles que les écoles et les coopératives d'agriculteurs peut également permettre de résoudre efficacement les problèmes liés au brûlage à l'air libre. D'autres exemples de mesures d'appui en matière de communication peuvent inclure :

- (a) La distribution et la publication de manuels de gestion des résidus à l'intention des agriculteurs et de dépliants d'information (par exemple, dans les bureaux de poste locaux) ;
- (b) La cartographie en temps réel des saisons des incendies à l'intention du grand public et des agriculteurs, afin de mieux lier les phénomènes ayant des incidences négatives sur la qualité de l'air, ainsi que la propagation des incendies, aux brûlages pratiqués dans le secteur agroforestier, mettant ainsi en lumière les impacts négatifs actuels ainsi que les avantages potentiels futurs ;
- (c) Les annonces dans les médias, les vidéos et sites Web infographiques, les médias sociaux ;
- (d) Les séminaires, les visites de presse et les autres formes de soutien des médias visant à obtenir plus facilement une couverture médiatique précise et axée sur les solutions ;
- (e) Les réunions entre agriculteurs et agronomes, les journées sur le terrain avec visite de parcelles de démonstration et d'exploitations agricoles progressistes associées à la gestion des résidus agricoles ;
- (f) La participation d'institutions telles que les administrations locales, les écoles et les universités, la recherche et la formation d'agriculteurs ambassadeurs/leaders d'opinion.

4. Développement de marchés

53. Un certain nombre de start-ups universitaires et commerciales ont développé différents systèmes qui utilisent la paille ou la biomasse pour produire de la bioénergie au niveau communautaire. Pour les solutions à plus long terme, la création d'une chaîne de valeur utilisant des résidus agricoles et forestiers pourrait être soutenue, là où de tels besoins énergétiques existent, grâce à des financements publics, à l'entrepreneuriat privé ou à des partenariats public-privé.

5. Financement

54. Les agriculteurs ont souvent besoin d'une aide, notamment financière, pour acheter ou louer des équipements appropriés. Les subventions publiques aux équipements agricoles fabriqués localement qui permettent d'éviter le brûlage (parmi de nombreux autres avantages) se sont souvent révélées utiles.
55. Ce problème de financement n'est pas un obstacle universel et ne se pose qu'au début de la transition car les rendements des cultures s'améliorent et de plus petites quantités d'engrais sont utilisées. Il n'y a pas de cas rapporté de régions qui ont adopté des techniques sans brûlage, en particulier dans le cadre d'une agriculture respectueuse de l'environnement, et qui reviennent à l'usage du feu. Les agriculteurs économisent simplement de l'argent grâce à une hausse des rendements et à la diminution du coût des engrais et du combustible.
56. Le rôle que les subventions directes peuvent jouer dans la conversion rapide aux méthodes sans brûlage ne doit pas être négligé, tout comme il existe actuellement des raisons de laisser en jachère certaines terres cultivées à des fins de gestion écologique. Les technologies satellitaires actuelles (voir la section V.D, ci-dessous) pourraient permettre de surveiller ces programmes, les subventions étant versées dès la plantation d'une nouvelle culture, quelle que soit la méthode sans brûlage choisie. Cela pourrait s'avérer la meilleure approche initiale si l'on souhaite mettre immédiatement fin au brûlage, des solutions plus durables pouvant être introduites au fil du temps.
57. Des incitations financières, qui seraient même destinées aux grandes exploitations, pourraient donc accélérer cette transition. Les agriculteurs ayant des exploitations de taille moyenne ou petite sont plus susceptibles d'avoir besoin d'un soutien financier initial, n'ayant pas le capital nécessaire pour investir dans des équipements sans brûlage tels que des semoirs directs, dans des semences de plantes de couverture ou (à un coût plus élevé) dans du matériel de production d'électricité, de granulés ou de biogaz à partir de différents résidus. Quoi qu'il en soit, le financement public de la formation et de l'éducation des agriculteurs ayant des exploitations de toutes tailles pourrait être la solution la plus souhaitable et la plus efficace.
58. Des investissements supplémentaires pourraient servir à acheter du matériel permettant d'injecter du fumier dans le sol (pour l'élevage et la production

végétale combinés), à récolter le foin des pâturages plutôt que de brûler l'excédent de végétation, ou à soutenir l'achat de cultures de couverture initiales (plantes telles que le trèfle ou d'autres légumineuses plantées entre les cultures commerciales, assurant essentiellement une fonction fertilisante).

6. Gouvernance et mesures réglementaires

59. Dans les pays de la région de la CEE qui disposent d'une réglementation efficace de l'usage du feu en agroforesterie, celle-ci n'a généralement été introduite avec succès que de concert avec d'autres mesures de soutien des agriculteurs, comme indiqué ci-dessus. Il est rare, voire impossible, que des interdictions générales sans mesures de soutien soient efficaces ou appliquées, car elles ne tiennent pas compte des raisons sous-jacentes de l'usage spécifique du feu dans différentes conditions agroécologiques.
60. Certains pays ou certaines régions de pays ont pratiqué le brûlage « géré » ou autorisé sur les terres cultivées au lieu de soutenir la transition vers des méthodes agricoles sans brûlage. Le brûlage autorisé ne vise toutefois qu'à prévenir la propagation des incendies (ainsi que la pollution atmosphérique et les risques pour les infrastructures qui y sont associés) en interdisant l'usage du feu dans des conditions de sécheresse dangereuse. Il n'est pas tenu compte des désavantages économiques découlant de la perte de fertilité des sols et d'autres effets négatifs sur l'agriculteur et les communautés locales. Le brûlage agricole autorisé peut encore être à l'origine de la propagation d'incendies ; des études par satellite ont démontré que les niveaux d'émissions dans les régions qui autorisent les brûlages restent environ deux fois plus élevés que dans les régions qui interdisent effectivement l'usage du feu, sauf dans des circonstances exceptionnelles³².
61. Les pratiques agricoles respectueuses de l'environnement (ou d'autres pratiques sans brûlage) pourrait être intégrées dans les réglementations nationales ou infranationales, en particulier dans les régions où la surveillance par satellite démontre un usage persistant du feu. Grâce à la politique agricole commune, par exemple, les États membres de l'Union européenne ont pu inciter les agriculteurs à adopter des pratiques de protection des sols et de l'eau qui sont également intelligentes sur le plan climatique.

³² Banque mondiale et International Cryosphere Climate Initiative (ICCI), *On thin ice: How cutting pollution can slow warming and save lives – A joint report of the World Bank and the International Cryosphere Climate Initiative* (Washington, 2013).

D. Suivi et évaluation : nouvelles technologies satellitaires et contribution

62. Pour obtenir une réduction acceptable des émissions de $PM_{2,5}$, de carbone noir, d'ozone troposphérique et de COV – ainsi que de GES –, ainsi que les avantages connexes, la capacité récente de caractériser la végétation des cultures concernées grâce à la surveillance par satellite, et donc de connaître la diminution connexe des émissions découlant de l'adoption de pratiques et de techniques agricoles sans brûlage, joue un rôle essentiel. Plusieurs bases de données mondiales sur les émissions dues aux incendies ont été conçues pour surveiller les incendies dans tous les types de couverture terrestre³³ : il s'agit notamment de la Global Fire Emissions Database³⁴, du Global Fire Assimilation System du service Copernicus de surveillance de l'atmosphère³⁵ et du Fire Inventory du NCAR³⁶, qui s'appuient actuellement principalement sur les détections de feux actifs par le spectromètre imageur à moyenne résolution (MODIS) – bien que des améliorations soient attendues rapidement³⁷.
63. La technologie satellitaire actuelle (VIIRS) a permis d'obtenir une résolution de plus en plus fine, non seulement des incendies ou des zones brûlées mais aussi des cultures antérieures au brûlage, par rapport à l'ancienne technologie MODIS. Il est possible à la fois de vérifier le respect de la réglementation et de calculer les émissions évitées au fil du temps. La résolution actuelle a été confirmée dans les études de 2017 comme étant précise jusqu'à 50 m^2 ³⁸. Elle peut également constituer un moyen efficace d'améliorer les inventaires nationaux des émissions de $PM_{2,5}$ et de carbone noir. D'autres méthodes de fusion à partir d'images en source ouverte à 30 m (Landsat) et 10 m (constellation Sentinel) permettent de vérifier sur le terrain les données VIIRS sur les feux actifs et de visualiser les zones brûlées à l'échelle hebdomadaire.
64. Bien qu'elles ne soient pas facilement quantifiables, certaines de ces émissions sont dues à des feux de végétation, plutôt qu'à des feux dans des exploitations agroforestières. Toutefois, une grande majorité des incendies et des émissions connexes se propagent à partir de feux allumés dans le secteur agricole ou dans d'autres activités humaines telles que le brûlage de déchets ; les estimations étaient d'environ 85 % aux États-Unis d'Amérique, par exemple entre 1992 et 2012, d'après les données publiées par les autorités fédérales³⁹. Ces incendies, dont l'incidence augmente en raison de la fréquence accrue des conditions de chaleur et de sécheresse, seront également évités grâce à l'utilisation accrue de méthodes sans brûlage dans le secteur agricole ; cette retombée positive importante peut également être suivie aux niveaux régional et national à mesure que l'usage du feu dans le secteur agricole diminue.
65. En outre, alors que les émissions négatives de carbone dans l'agriculture restent difficiles à quantifier avec une marge d'incertitude acceptable, les recherches en cours dans ce domaine pourraient permettre de mieux définir ou de monétiser les avantages découlant des méthodes sans brûlage au fil du temps, pour ce qui est de l'absorption du carbone par le sol, en particulier lorsque des méthodes agricoles respectueuses de l'environnement sont utilisées en remplacement du brûlage.

³³ Xiaohua Pan et al., « Six global biomass burning emission data sets: Intercomparison and application in one global aerosol model », *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 20, n° 2 (janvier 2020), p. 969 à 994.

³⁴ Guido R. Van Der Werf et al., « Global fire emissions estimates during 1997-2016 », *Earth System Science Data*, vol. 9, n° 2, p. 697 à 720 ; Global Fire Emissions Database, disponible à l'adresse www.globalfiredata.org/.

³⁵ J. W. Kaiser et al., « Biomass burning emissions estimated with a global fire assimilation system based on observed fire radiative power », *Biogeosciences*, vol. 9, n° 1 (janvier 2012), p. 527 à 554 ; Global Fire Assimilation System du service Copernicus de surveillance de l'atmosphère, disponible à l'adresse <https://apps.ecmwf.int/datasets/data/cams-gfas>.

³⁶ C. Wiedinmyer et al., « The Fire Inventory from NCAR (FINN): A high resolution global model to estimate the emissions from open burning », *Geoscientific Model Development*, vol. 4, n° 3 (juillet 2011), p. 625 à 641 ; Fire Inventory from NCAR (FINN) disponible à l'adresse www2.aocom.ucar.edu/modeling/finn-fire-inventory-ncar.

³⁷ Niels Andela et al., « The Global Fire Atlas of individual fire size, duration, speed and direction », *Earth System Science Data*, vol. 11, n° 2 (avril 2019), p. 529 à 552.

³⁸ Patricia Oliva et Wilfrid Schroeder, « Assessment of VIIRS 375 m active fire detection product for direct burned area mapping », *Remote Sensing of Environment*, vol. 160 (avril 2015), p. 144 à 155 ; Tianran Zhang et al., « Approaches for synergistically exploiting VIIRS I-and M-Band data in regional active fire detection and FRP assessment: A demonstration with respect to agricultural residue burning in Eastern China », *Remote Sensing of Environment*, vol. 198 (septembre 2017), p. 407 à 424.

³⁹ Les données sur 2000-2017 proviennent du système Wildland Fire Management Information du Département de l'intérieur des États-Unis et des archives de données de recherche du Service des forêts des États-Unis.

VI.

Situation en Europe orientale, dans le Caucase et en Asie centrale

66. Les pays d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale, y compris la Fédération de Russie, disposent d'un important potentiel de réduction des émissions dues au brûlage agricole à l'air libre, lesquelles sont en moyenne huit à neuf fois supérieures⁴⁰ à celles des autres États membres de la CEE, comme le montrent clairement les images satellite ; divers facteurs, souvent liés à l'évolution des conditions économiques agricoles, l'expliquent. L'ampleur des émissions, si elle était portée aux niveaux d'autres régions de la CEE, dépasserait facilement et de plusieurs fois les niveaux de réduction mentionnés dans le Protocole révisé relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique pour les pays d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale, et augmenterait la sécurité alimentaire et la résilience dans un climat changeant. Les modèles de culture, et donc les pratiques et techniques sans brûlage requises, sont similaires à ceux déployés ailleurs dans la région de la CEE.
67. Pour aider à cette transition, certains pays de la sous-région doivent avoir accès à un certain nombre de ressources, notamment à des financements potentiels pour des programmes de déploiement de services et d'équipements de vulgarisation. Les pourvoyeurs sont le Fonds pour l'environnement mondial, le Fonds vert pour le climat (FVC) et, potentiellement, la Banque européenne d'investissement.
68. Le soutien aux meilleures techniques et pratiques sans brûlage intéresse particulièrement le FVC, pour plusieurs raisons liées à ses objectifs et à ses exigences, car ces approches sans brûlage contribuent à la fois à l'adaptation et à l'atténuation. En ce qui concerne l'atténuation, la mesure des émissions évitées et le contrôle du respect de la réglementation peuvent être réalisés de manière inhabituellement fiable, en temps réel et de façon rentable grâce à l'utilisation des nouvelles technologies et des nouveaux algorithmes par satellite VIIRS. Les émissions évitées comprennent également un éventail inhabituellement large de gaz à effet de serre, notamment le CO₂, le CH₄ et le N₂O, ainsi que le carbone noir, les COV et les PM_{2,5} (en tant que retombées positives)⁴¹. Les autres impacts environnementaux évités et les retombées positives selon la définition du FVC comprennent l'érosion, la pollution de l'eau, l'eutrophisation et les inondations dues à des sols brûlés plus fragiles qui ont été évités.
69. Parmi les avantages de l'adaptation définis par le FVC figurent une meilleure résistance aux phénomènes météorologiques extrêmes (tant les précipitations que les sécheresses extrêmes, en raison d'une teneur plus élevée en matières organiques dans les sols) et une moindre consommation d'eau pour l'irrigation (le cas échéant), là encore grâce à des sols plus riches en matières organiques qui retiennent mieux l'eau. Les retombées économiques positives comprennent la réduction des coûts pour l'agriculteur grâce à une moindre consommation d'engrais et d'essence (pour les méthodes qui comprennent l'incorporation ou l'absence de travail du sol), ou des revenus supplémentaires provenant de l'utilisation et de la vente de paille (là où des marchés existent) ; le FVC finance la mise à disposition de techniques permettant d'appliquer ces solutions et dispense l'éducation/la formation nécessaires à leur utilisation.
70. Pour faire aboutir une demande de financement auprès du FVC, il faut toutefois que certaines conditions préalables soient réunies, ce qui pose parfois problème. Il faut, en particulier, obtenir le soutien du ministère de l'agriculture et du ministère des finances (qui est généralement l'entité nationale désignée par le FVC, selon la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques), ainsi que celui du ministère de l'environnement.
71. La transition vers une agriculture sans brûlage pourrait s'appuyer sur un plan qui procéderait à une cartographie élémentaire des schémas de brûlage, identifierait les principales cultures et les principaux secteurs brûlés et proposerait des méthodes sans brûlage spécifiques aux cultures et environnements concernés. Un tel plan constituerait également une étape intermédiaire importante en vue de soutenir les futures demandes de financement auprès du FVC.

⁴⁰ Banque mondiale et International Cryosphere Climate Initiative (ICCI), *On thin ice: How cutting pollution can slow warming and save lives – A joint report of the World Bank and the International Cryosphere Climate Initiative* (Washington, 2013), p. 79 et 80.

⁴¹ Megan Sever, « What is left in the air after a wildfire depends on exactly what burned », *Eos*, 23 janvier 2020.



VII. Conclusions and recommendations

72. La combustion des résidus agricoles est un problème dans de nombreux pays de la région de la CEE, ainsi qu'au niveau mondial. Il existe des preuves tangibles et claires que l'usage du feu a un impact négatif sur la matière organique du sol qui se traduit par une perte de fertilité et, en fin de compte, par une diminution des rendements. En outre, les émissions issues de la combustion des résidus agricoles contribuent à la pollution de l'air et sont des facteurs importants des changements climatiques qui ont des effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement au niveau mondial.
73. Il existe d'autres méthodes, pratiques et techniques permettant d'éliminer ou de réduire la combustion des résidus agricoles et ses effets négatifs. Les avantages de l'adoption de pratiques sans brûlage, illustrés dans le présent document d'orientation, sont démontrés par diverses expériences réussies menées dans plusieurs pays de la région de la CEE. Il est prouvé que la transition à des méthodes sans brûlage est réussie et rentable lorsqu'elle repose sur trois piliers principaux : a) la cartographie et la surveillance visant à définir le problème ; b) l'éducation et la formation des agriculteurs ; c) l'élaboration de règlements et la mise en place d'un soutien financier. La sensibilisation, la formation et la diffusion d'informations pertinentes sur les solutions autres que la combustion des résidus agricoles sont essentielles pour atteindre toutes les parties concernées.
74. Il est recommandé aux Parties à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance de se reporter au présent document d'orientation, qui n'a pas force contraignante. La mise en œuvre des pratiques, méthodes, approches et instruments techniques qui y sont décrits peut grandement contribuer à réduire la pollution atmosphérique due à la combustion des résidus agricoles et son impact négatif sur la santé humaine et sur l'environnement dans la région de la CEE et au-delà.

Document d'orientation relatif à la réduction des émissions issues de la combustion des résidus agricoles

La combustion des résidus agricoles est un problème dans de nombreux pays de la région de la CEE, ainsi qu'au niveau mondial. Il existe des preuves tangibles et claires que l'usage du feu a un impact négatif sur la matière organique du sol qui se traduit par une perte de fertilité et, en fin de compte, par une diminution des rendements. En outre, les émissions issues de la combustion des résidus agricoles contribuent à la pollution de l'air et sont des facteurs importants des changements climatiques qui ont des effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement au niveau mondial. La mise en œuvre des pratiques, méthodes, approches et instruments techniques qui y sont décrits peut grandement contribuer à réduire la pollution atmosphérique due à la combustion des résidus agricoles et son impact négatif dans la région de la CEE et au-delà.

Information Service
United Nations Economic Commission for Europe

Palais des Nations
CH - 1211 Geneva 10, Switzerland
Telephone: +41(0)22 917 12 34
E-mail: unece_info@un.org
Website: <http://www.unece.org>