



GESTION DES DÉCHETS ET PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ EN AFRIQUE

L'incinération au service de la ville durable ?

Hugo LE PICARD

Septembre 2019

L'Ifri est, en France, le principal centre indépendant de recherche, d'information et de débat sur les grandes questions internationales. Créé en 1979 par Thierry de Montbrial, l'Ifri est une association reconnue d'utilité publique (loi de 1901). Il n'est soumis à aucune tutelle administrative, définit librement ses activités et publie régulièrement ses travaux.

L'Ifri associe, au travers de ses études et de ses débats, dans une démarche interdisciplinaire, décideurs politiques et experts à l'échelle internationale.

Les opinions exprimées dans ce texte n'engagent que la responsabilité de l'auteur.

ISBN : 979-10-373-0066-9

© Tous droits réservés, Ifri, 2019

Couverture : © Luvyn Yash/Shutterstock.com

Comment citer cette publication :

Hugo Le Picard, « Gestion des déchets et production d'électricité en Afrique : l'incinération au service de la ville durable ? », *Études de l'Ifri*, Ifri, septembre 2019.

Ifri

27 rue de la Procession 75740 Paris Cedex 15 – FRANCE

Tél. : +33 (0)1 40 61 60 00 – Fax : +33 (0)1 40 61 60 60

E-mail : accueil@ifri.org

Site internet : ifri.org

Auteur

Hugo Le Picard travaille au Centre Énergie & Climat de l'Ifri sur les questions de pauvreté énergétique, d'accès à l'électricité et de financement d'infrastructures électriques en Afrique subsaharienne. Dans le cadre d'un partenariat entre l'Ifri et l'université Paris-Dauphine, il effectue aussi en parallèle une thèse en économie industrielle appliquée au secteur électrique africain.

Il a rejoint le Centre Énergie & Climat de l'Ifri en 2018, après une expérience aux affaires publiques de Véolia Environnement à Bruxelles et à l'Institut Méditerranéen des Hautes Études Stratégiques (FMES).

Conjointement à ses activités de recherche, il enseigne la micro-économie à l'université Paris-Dauphine et assiste les professeurs d'un cours de master sur la diplomatie de l'énergie à Sciences Po Paris.

Il est titulaire d'un master en économie et en ingénierie financière spécialisé dans l'énergie de l'université Paris-Dauphine et d'une double licence de mathématiques et d'économie de l'université de Nottingham.

Résumé

La mondialisation, l'expansion des modes de vie urbains et la croissance économique mondiale ont multiplié par vingt la quantité de déchets municipaux¹ produite depuis le siècle dernier dans le monde. Elle atteint aujourd'hui 2 milliards de tonnes par an. Cette tendance n'est pas prête de s'inverser. Dans moins de quinze ans, ce seront 2,59 milliards de tonnes de déchets qui seront produits annuellement, avant d'augmenter à nouveau de 30 % pendant les deux décennies suivantes. Au sein des pays de l'OCDE, la production annuelle de déchets ne devrait commencer à diminuer qu'en 2050. Dans les pays est-asiatiques et du Pacifique, le « pic » de production de déchets n'aurait lieu qu'en 2075.

En Afrique subsaharienne, bien que les niveaux de production de déchets par habitant soient plus faibles que dans les autres régions du monde, la forte croissance démographique, alliée à une urbanisation continue, va faire tripler la production de déchets. Le milliard d'habitants subsahariens a produit autant de déchets en 2016 que la France, l'Allemagne, l'Italie et le Royaume-Uni. La même année, les habitants subsahariens ont produit en moyenne 0,46 kg de déchets par personne par jour, en dernière position et près de cinq fois moins que les nord-américains (2,2 kg). La production de déchets dans la région va passer de 174 millions de tonnes (mt) en 2016 à plus de 516 mt en 2050 et pourrait bien continuer d'augmenter jusqu'au-delà du XXI^e siècle.

Dans le secteur énergétique, malgré les nombreuses richesses dont cette région est dotée, les populations subsahariennes n'ont que très peu accès à l'énergie et présentent les taux d'accès à l'électricité les plus faibles au monde. L'augmentation rapide du nombre d'habitants a dépassé les capacités d'adaptation des autorités locales et des gouvernements nationaux. On observe ainsi des niveaux de collecte de déchets largement inférieurs à leur niveau de production et une augmentation continue du nombre de personnes n'ayant pas accès à l'électricité.

Les décharges insalubres se multiplient sur le continent et ont des conséquences sanitaires négatives en polluant l'environnement local : l'air, les sols et les ressources d'eau. L'eau polluée devient par la suite un vecteur de propagation de maladies avec des répercussions très graves sur la santé

1. Les déchets municipaux sont les déchets issus des activités des ménages, des institutions et des commerces. Pour une définition plus détaillée, voir p. 12.

des habitants. De même, la gestion des déchets apparaît aussi comme un enjeu fondamental de la lutte contre la multiplication des épidémies d'arboviroses en Afrique, la mauvaise gestion des déchets favorisant la prolifération des moustiques dans les villes du continent. La dégradation des déchets dans des décharges ouvertes a aussi des effets non négligeables sur le réchauffement climatique. Depuis les années 1970, les émissions de méthane à partir des décharges ont été multipliées par 8 en Afrique. Elles ont atteint en 2012 39,5 mt d'équivalent CO₂, ou l'équivalent des émissions de CO₂ de la Suisse en 2017. Ces émissions générées par les décharges africaines devraient à nouveau doubler d'ici 2025.

Les technologies qui permettent de produire de l'énergie à partir de déchets sont considérées comme une solution pour permettre à l'Afrique subsaharienne de mieux gérer l'augmentation importante du volume de déchets, tout en répondant aux besoins grandissants de consommation d'électricité de la région. À Addis-Abeba, la première centrale d'incinération du sous-continent a été inaugurée en août 2018. Mais cette solution fait face à différents écueils qui contraignent son développement et les soubresauts du fonctionnement de cette centrale en sont révélateurs.

L'importance de la part des déchets organiques dans les déchets produits dans la région, de l'ordre de 58 % du total des déchets en moyenne, est un obstacle à la mise en place de centrales d'incinération, car elle contribue à diminuer le potentiel énergétique qui peut être extrait des déchets pour produire de l'électricité, une conséquence directe du faible niveau de développement. De plus, la technologie d'incinération est coûteuse et demande un investissement initial important, encore hors de portée des budgets locaux. La gestion d'une centrale demande une maintenance et une expertise technique importantes, qui augmentent d'autant plus les coûts d'exploitation. Enfin, les potentielles interruptions du fonctionnement de la centrale, liées à un apport irrégulier de déchets ainsi que le peu de données qui existent sur la composition exacte des déchets et leur disponibilité sur de longues périodes, rendent ce type d'investissements particulièrement risqués.

Cependant, les récents projets de centrales d'incinération en Afrique subsaharienne montrent une évolution du paradigme sur la question des déchets. Ceux-ci figurent désormais aux premiers rangs des agendas politiques nationaux et semblent même perçus par les acteurs politiques comme une ressource potentielle pour répondre aux besoins énergétiques des grandes villes. Néanmoins, si les municipalités et les États souhaitent développer ce type de technologie, l'incinération ne doit pas être considérée comme la solution idéale pour faire face à l'augmentation des déchets municipaux. Elle apparaît plutôt comme l'un des rouages d'une

filière plus efficace de gestion des déchets. Aussi, l'attention doit se focaliser au préalable sur la mise en place de systèmes de collecte de données précis et fiables sur la composition des déchets, le renforcement des agences en charge et une compréhension plus fine du rôle joué par le secteur informel.

Sommaire

INTRODUCTION	11
LE BOOM NON MAITRISE DES DECHETS EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE.....	15
Les déchets : un produit dérivé de l'économie moderne.....	15
Essor démographique, urbanisation et pauvreté.....	16
Des conséquences environnementales et sanitaires alarmantes.....	18
UN SECTEUR ELECTRIQUE EN CONSTANTE MUTATION	23
Un accès restreint à l'électricité, conséquence et cause du faible niveau de développement de la région	23
Le changement d'échelle de l'électrification n'a pas lieu	25
L'évolution plurielle du secteur électrique subsaharien.....	29
L'INCINERATION DES DECHETS : TRAITER DEUX PROBLEMES D'UN MEME FRONT.....	33
Le recouvrement d'énergie à partir de l'incinération, une solution miracle ?	33
Une « matière première » à forte hétérogénéité	34
Obstacles de court terme et opportunités de long terme	37
ÉTUDE DE CAS : LA PREMIERE CENTRALE D'INCINERATION EN ÉTHIOPIE.....	41
CONCLUSION	47

Introduction

L'Afrique subsaharienne fait face à des bouleversements démographiques sans précédent². La région comptera plus de 2,1 milliards d'habitants en 2050, contre 1,06 milliard actuellement. Conjointement à cette augmentation démographique, la région connaît une très forte urbanisation. En 2016, la population y était à 40 % urbaine et 60 % rurale ; en 2050 la proportion sera inversée. Aujourd'hui, cinq villes subsahariennes ont plus de cinq millions d'habitants, elles seront 16 en 2030³. Ces évolutions interviennent dans le contexte d'une plus grande intégration économique du continent et dans l'économie globale. L'annonce à Niamey en juillet 2019 de l'entrée en vigueur d'une zone de libre-échange continentale souligne la volonté des pays de renforcer la coopération économique régionale. La croissance économique des pays de la région est soutenue : 3 % pour l'année 2018 et en moyenne, 5,1% entre 2010 et 2015⁴. Les changements des modes de vie des populations sont perceptibles partout⁵. L'émergence progressive d'une « classe moyenne⁶ » s'accompagne cependant d'une augmentation du nombre d'habitants vivant dans l'extrême pauvreté. Entre 2010 et 2018, le nombre d'habitants vivant au-dessous du seuil de 1,90 dollar par jour est passé de 408 millions à 437 millions⁷. Les objectifs du millénaire pour le développement des Nations unies n'ont malheureusement pas été atteints.

L'Afrique subsaharienne est aujourd'hui confrontée à deux défis majeurs dans le domaine de l'environnement et de l'énergie. D'un côté, la

2. Selon les projections de l'Organisation des Nations unies (ONU), la population africaine totale devrait augmenter de plus de 27 % d'ici 2025 et représenter 50 % de la hausse de la population mondiale d'ici à 2050.

3. « World Urbanization Prospects 2018 », United Nations, Urbanization Division, disponible sur : <https://population.un.org>.

4. « Sub-Saharan Africa: Recovery Amid Elevated Uncertainty », IMF, World Economic and Financial Surveys, avril 2019, disponible sur : www.imf.org.

5. Un des secteurs qui transforme en profondeur les sociétés et les économies africaines est celui de la téléphonie mobile et d'Internet, qui se développent rapidement dans la région. Plus de 500 millions de subsahariens posséderont un téléphone mobile d'ici la fin de la décennie, alors que seulement 50 millions en possédaient un au début des années 2000.

6. Ce terme doit être considéré avec prudence dans le contexte africain. Une définition précise n'est pas reconnue de façon unanime. Pour plus d'informations voir notamment C. Nallet, « Identifier les classes moyennes africaines : Diversité, spécificités et pratiques de consommation sous contrainte », *Notes de l'Ifri*, Ifri, décembre 2015, disponible sur : www.ifri.org.

7. « Poverty & Equity Data Portal », World Bank, disponible sur : <http://povertydata.worldbank.org>. Le chiffre pour l'année 2018 est une estimation.

diffusion des modèles de production et de consommation modernes aux grandes villes africaines a engendré une forte augmentation de la production de déchets municipaux⁸ (ci-après nommés « déchets »). De l'autre, avec le secteur électrique le moins développé au monde, l'Afrique subsaharienne ne peut répondre aux besoins de consommation de ses habitants.

Face à l'augmentation de la production de déchets dans la région, les capacités d'adaptation des gouvernements locaux ont été dépassées. Les services publics de gestion de déchets n'ont pu mettre en place les conditions nécessaires au bon développement de la filière. En conséquence, l'écart entre la production et la collecte de déchets a augmenté. Il en a résulté la multiplication de décharges sauvages, avec de graves conséquences sur l'environnement et les économies de la région. L'accès à l'énergie et plus particulièrement l'électricité produite à partir de sources non fossiles est un enjeu fondamental du développement économique et du bien-être humain de l'Afrique subsaharienne : l'électricité permet de s'éclairer après le coucher du soleil et augmente ainsi considérablement le temps disponible pour des activités productives. L'électricité permet aussi aux foyers d'avoir accès à des moyens de cuisson propres au lieu d'utiliser des combustibles dangereux et polluants comme le bois, le charbon ou le fumier. L'accès à l'électricité est aussi un moyen de lutter contre les inégalités homme-femme, puisque la cuisine et la collecte des combustibles incombent généralement aux femmes en Afrique⁹. Mais elle est aussi un vecteur d'énergie plus flexible qui permet une organisation efficace des activités productives dans des secteurs à hautes valeurs ajoutées comme l'industrie. La technologie qui permet de produire de l'énergie à partir de l'incinération de déchets apparaît alors comme un moyen efficace de traiter ces deux problèmes d'un même front. Mais celle-ci peine aujourd'hui à se développer en Afrique subsaharienne.

En août 2018, la toute première centrale d'incinération du continent africain a été inauguré à Addis-Abeba. Baptisée *Reppie*, cette centrale a pour principal objectif d'aider la capitale éthiopienne à faire face à l'augmentation rapide de sa production de déchets ménagers, tout en

8. Définition de l'OCDE des déchets municipaux : « Par déchets municipaux, on entend les déchets collectés et traités par ou pour les communes. Ils comprennent les déchets des ménages, y compris les encombrants, les déchets assimilés produits par les activités commerciales, les bureaux, les institutions et les petites entreprises, ainsi que les déchets d'entretien des jardins et des espaces verts, les déchets de nettoyage de la voirie, le contenu des poubelles publiques et les déchets des marchés s'ils sont traités comme des déchets ménagers. La définition exclut les déchets issus de l'assainissement des eaux usées urbaines, ainsi que les déchets des activités de construction et de démolition. »

9. G. Madon, « Le bois, énergie de première nécessité en Afrique. Une ressource trop souvent négligée », *Afrique contemporaine*, n° 261-262, 2017, p. 201-222.

participant à l'approvisionnement en électricité d'une part non négligeable de la ville. Ainsi, ce projet œuvre à transformer la « menace croissante des déchets en milieu urbain en aubaine économique », pour reprendre les mots du président éthiopien Mulatu Teshome, présent lors de l'inauguration. Cette centrale est une première en Afrique et a reçu beaucoup d'attention sur la scène médiatique internationale. Ce projet a notamment permis à l'Éthiopie d'effacer l'image catastrophique que renvoyait la décharge insalubre de sa capitale. D'autres pays subsahariens semblent aujourd'hui intéressés par les centrales d'incinération. Serait-ce donc le début d'un essor de cette technologie en Afrique subsaharienne, qui permettrait d'apporter des solutions à la problématique des déchets et de l'accès à l'électricité ?

Cette note détaille d'abord les défis posés par l'augmentation de la production des déchets et la faible progression de l'électrification du continent. Elle analyse ensuite les avantages et limites de l'incinération comme solution. Enfin, elle finit par un cas d'étude sur le premier projet d'incinération en Afrique : la centrale *Reppie* construite à Addis-Abeba.

Le boom non maîtrisé des déchets en Afrique subsaharienne

Les déchets : un produit dérivé de l'économie moderne

L'expansion du modèle de production et de consommation moderne a engendré un accroissement considérable de la production de déchets au niveau mondial, qui est allée de pair avec une urbanisation continue, ainsi qu'avec l'émergence de nouvelles puissances économiques et démographiques. Entre le début du XX^e siècle et aujourd'hui, la population urbaine est passée de moins de 220 millions de citadins à plus de 4 milliards¹⁰. En conséquence, la quantité de déchets produite a été multipliée par vingt. En 1900, les êtres humains produisaient moins de 110 mt de déchets par an¹¹. Aujourd'hui, ce sont plus de 2,01 milliards de tonnes de débris ménagers qui sont produits chaque année¹². La production de déchets va continuer à croître, en raison de l'augmentation de la taille et de la densité des villes et de la croissance économique mondiale. En 2030, dans le monde, ce seront 2,59 milliards de tonnes de déchets qui seront produites annuellement, avant d'augmenter à nouveau de 30 % pendant les deux décennies suivantes. La production de déchets ne commencerait à décroître qu'en 2050 pour les pays de l'OCDE. En Asie du Sud-Est, le « pic » de production de déchets n'aurait lieu qu'en 2075. En Afrique, la production de déchets pourrait bien continuer d'augmenter jusqu'après la fin du XXI^e siècle¹³.

Il existe une forte corrélation entre le niveau de développement d'un pays et la production de déchets. Les pays à revenus élevés génèrent en moyenne sept fois plus de déchets par an que les pays à faibles revenus¹⁴.

10. « World Urbanization Prospects 2018 », United Nations, *op. cit.*

11. D. Hoornweg, P. Bhada-Tata et C. Kennedy, « Environment: Waste Production must Peak this Century », *Nature*, octobre 2013, disponible sur : www.nature.com.

12. S. Kaza, L. Yao, P. Bhada-Tata et F. Van Woerden, « What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 », *Urban Development Series*, World Bank, 2018, disponible sur : <https://openknowledge.worldbank.org>.

13. D. Hoornweg, P. Bhada-Tata et C. Kennedy, « Environment », *op. cit.*

14. S. Kaza, L. Yao, P. Bhada-Tata et F. Van Woerden, « What a Waste 2.0 », *op. cit.*

En Afrique subsaharienne, les niveaux de production de déchets sont plus faibles que dans les autres régions du monde, à la fois au niveau régional et en moyenne par habitant. En 2016, l'Afrique subsaharienne a généré plus de 174 mt de déchets. À titre de comparaison, la France en a produit la même année environ 30 mt, soit à elle seule l'équivalent d'un cinquième de toute la région subsaharienne. Les habitants subsahariens ont produit en moyenne 0,46 kg de déchets par jour en 2016, en dernière position et près de cinq fois moins que les nord-américains, qui en ont produit en moyenne la même année plus de 2,21 kg par personne par jour¹⁵.

Essor démographique, urbanisation et pauvreté

La production de déchets par habitant en Afrique subsaharienne reste et restera la plus faible au monde, mais la croissance démographique pourrait la faire devenir l'une des trois régions du monde les plus génératrices de déchets. Avec la croissance démographique, la production annuelle totale de déchets de l'Afrique subsaharienne devrait ainsi tripler pour atteindre 516 mt en 2050. La région produira plus de déchets que la région de l'Amérique latine et Caraïbes (369 mt) réunies, l'Amérique du Nord (396 mt) et même de l'Europe et de l'Asie centrale (490 mt)¹⁶.

L'urbanisation d'un pays s'accompagne d'ordinaire de son développement économique. La concentration des acteurs économiques favorise l'entrepreneuriat et l'innovation. La proximité des facteurs de production facilite la division et la spécialisation des unités productives, rendant possible des économies d'échelles et une baisse des coûts de production, la mise en place de nouveaux marchés alimente la croissance économique. De même, la proximité des citoyens dans une zone géographique permet aux services publics de se développer plus facilement et d'améliorer l'accès aux soins et à l'éducation. Cela contribue à augmenter le capital humain d'une population et a des répercussions positives sur l'économie et le bien-être de celle-ci. Aujourd'hui, c'est plus de 80 % de la richesse mondiale qui est produite dans les villes, mais aussi 70 % des émissions globales de CO₂. Pourtant, à l'inverse des autres pays en développement, Ravallion, Chen et Sangraula établissent qu'en Afrique, l'urbanisation ne contribue ni au développement économique ni à la réduction de la pauvreté dans la région¹⁷. En Afrique subsaharienne,

15. *Ibid.*

16. D. Hoornweg et P. Bhada-Tata et C. Kennedy, « Environment », *op. cit.*

17. M. Ravallion, S. Chen et P. Sangraula, « New Evidence on the Urbanization Of Global Poverty », *Policy Research Working Paper*, World Bank, 2007, disponible sur : <http://documents.worldbank.org>.

l'augmentation rapide du nombre de citoyens a dépassé les capacités d'adaptation des autorités locales et des gouvernements nationaux. Sans réels plans d'aménagement, l'expansion incontrôlée des villes africaines a contribué au bourgeonnement de quartiers populaires densément peuplés et de bidonvilles. Mais les conditions nécessaires au bon développement de la gestion de déchets n'ont pas pu y être mises en place. Il en résulte un décrochage entre la collecte des déchets par les services publics et la quantité de déchets produits.

Les niveaux de collecte sont largement inférieurs au niveau de production des déchets, avec un écart fortement corrélé au niveau de revenu des pays. En 2012, en moyenne pour la région, seuls 44 % des déchets générés étaient collectés, avec d'importantes différences¹⁸ : moins de 24 % de déchets collectés au Bénin jusqu'à 96 % à l'île Maurice¹⁹. Les taux de collecte diffèrent aussi entre les régions d'un pays, entre les villes et même, au sein des villes, entre les différents quartiers. Les quartiers les plus pauvres peuvent être complètement délaissés par les services de collecte de déchets publics, faute de moyens, ou simplement parce que les véhicules de collecte s'accommodent mal de leurs rues étroites. En conséquence, la plupart des déchets municipaux y sont brûlés sur place ou jetés dans des décharges sauvages en périphérie des villes ou dans des décharges semi contrôlées sans traitements adéquats²⁰. La priorité de certains gouvernements est d'évacuer le plus possible de déchets de la ville. Certains responsables locaux ont intérêt à ce que les déchets soient simplement retirés de l'espace public, sans nécessairement avoir reçu les traitements appropriés²¹. De nombreuses zones de décharges sont choisies en fonction de la disponibilité immédiate des terrains sur lesquels elles se situent et non sur des critères objectifs de prévention de la pollution.

18. Les îles présentent en général des niveaux de collecte de déchets bien plus élevés, probablement dus à l'importance de la part des revenus du tourisme dans les revenus nationaux et aux effets négatifs qu'aurait la présence de déchetteries sauvages sur les voyageurs internationaux.

19. N. Scarlat *et al.*, « Evaluation of energy potential of Municipal Solid Waste from African urban areas », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, octobre 2015.

20. *Ibid.*

21. M. Coffey et A. Coad, « Collection of Municipal Solid Waste in Developing Countries », UN habitat, United Nations, 2010.

Des conséquences environnementales et sanitaires alarmantes

Certaines décharges sont localisées dans des zones sensibles, proches de réserves d'eau, sans pour autant être dotées de moyens de protection qui permettraient d'en éviter la contamination. Ainsi, le lixiviat produit à partir de la percolation d'eau ou de liquide à travers les déchets peut s'infiltrer progressivement dans les sols et polluer les nappes phréatiques ou les cours d'eau situés à proximité. L'eau polluée devient un vecteur de propagation de maladies avec de graves répercussions sur la santé des habitants locaux. L'incinération des déchets dans des espaces ouverts a des répercussions sévères sur la qualité de l'air local. La combustion incomplète et à basse température des déchets émet dans l'air diverses substances particulièrement toxiques comme les dioxines et les furanes. Les infections respiratoires chez les enfants sont jusqu'à six fois plus élevées dans les quartiers des villes où les déchets ne sont pas collectés régulièrement²². Toutes ces maladies sont à l'origine de plusieurs millions de morts en Afrique subsaharienne chaque année. De plus, souffrir de maladies infectieuses et plus particulièrement de diarrhées à répétition à un âge précoce contribue à empêcher le bon développement cognitif et physique des enfants²³. Cela affaiblit la force de travail d'une nation en rendant les populations adultes moins productives²⁴. En plus des coûts humains, les coûts économiques de cette insuffisante gestion des déchets sont colossaux. Les coûts indirects que ces pollutions engendrent sont plus élevés que ce qu'il aurait coûté de gérer correctement les déchets en premier lieu²⁵. Dans ce contexte, l'urbanisation devient un cercle vicieux, exacerbant les disparités économiques d'un pays, augmentant le nombre d'habitants urbains pauvres et vivant dans de mauvaises conditions sanitaires. Cette expansion incontrôlée de la taille des villes n'est pas prête de s'arrêter : selon des estimations, plus de 40 % de l'accroissement des zones urbaines se fera dans des bidonvilles²⁶.

Cette urbanisation rapide et incontrôlée des métropoles africaines et l'incapacité des pouvoirs publics à mettre en place des systèmes de services

22. « Solid Waste Management in the World's Cities: Water and Sanitation in the World's Cities », United Nations Human Settlements Programme, UN Habitat, United Nations, 2010.

23. A. V. Banerjee et E. Duflo, *Repenser la pauvreté*, Paris, Seuil, 2012.

24. *Ibid.*

25. D. Hoornweg et P. Bhada-Tata, « What a Waste: A Global Review Of Solid Waste Management », *Urban Development series knowledge papers*, World Bank, mars 2012, disponible sur : <https://openknowledge.worldbank.org>.

26. T. Palanivel, « Rapid Urbanisation: Opportunities and Challenges to Improve the Well-Being of Societies », *Human Development Reports*, United Nations, 6 septembre 2017, disponible sur : <http://hdr.undp.org>.

publics adéquats, notamment dans les secteurs de la gestion des eaux et des déchets, favorise aussi un environnement propice aux épidémies de maladies à transmission vectorielle²⁷ comme les arbovirus²⁸. Les zones urbaines insalubres permettent une prolifération de moustiques. Dans la nature, les moustiques se reproduisent en colonisant des gîtes naturels remplis d'eau où leur nombre est naturellement régulé par la présence de prédateurs insectivores. Dans les zones urbaines, ces prédateurs ne sont présents qu'en petit nombre et tous les contenants d'eau sont propices à devenir des gîtes artificiels. Dans les bidonvilles et quartiers précaires, les habitants n'ont pas accès au service de gestion des eaux et sont contraints de stocker l'eau dans des bidons pour répondre à leurs besoins. Toutes ces réserves d'eau deviennent des gîtes artificiels potentiels qui peuvent être colonisés par des moustiques. De même, tout déchet non ramassé qui s'apparente à un contenant peut devenir un gîte larvaire une fois gorgé d'eau²⁹. En conséquence de la prolifération des moustiques, ces villes deviennent de plus en plus sujettes aux épidémies d'arboviroses³⁰. La fièvre jaune, présente sur plusieurs continents mais habituellement cantonnée aux zones rurales, se développe aussi dans les villes africaines, ce qui est une exception³¹. Malgré l'existence d'un vaccin, cette maladie affecte plus de 180 000 personnes chaque année en Afrique³². Parmi les quatre arboviroses qui présentent les dangers les plus importants pour la santé humaine : la dengue, la fièvre jaune, le virus zika et le virus chikungunya, toutes sont présentes sur le continent africain et trois y ont été isolés pour la première fois³³. Face à l'apparition de moustiques résistants aux insecticides, la meilleure prévention contre ces maladies consiste à contrôler la prolifération de leurs vecteurs : la gestion des déchets est donc aussi un enjeu fondamental de la lutte contre la multiplication de ces épidémies.

Le réchauffement climatique contribue à augmenter l'intensité et la portée de ces phénomènes épidémiques. Avec des températures plus élevées, le cycle biologique des moustiques se raccourcit et dans certains

27. Maladie causée par un agent pathogène transmis à un hôte par un « vecteur » vivant, comme les moustiques, les tiques, les moucheron...

28. Arbovirus (ARthropod-BORne-VIRUSes) sont des virus transmis par des arthropodes hématophages tels que les moustiques ou encore les tiques.

29. Entretien avec Anna-Bella Failloux, directrice de recherche de l'unité Arbovirus et insectes vecteurs à l'Institut Pasteur, Institut Pasteur, Paris, le 30 juillet 2019.

30. Maladies virales causées par les arbovirus.

31. A. B. Failloux et S. Moutailler, « Aspects zoonotiques des infections à transmission vectorielle », *Revue scientifique et technique*, n° 34(1), avril 2015, p. 175-183, disponible sur : www.researchgate.net.

32. A. Failloux, « Les moustiques vecteurs d'arbovirus : une histoire sans fin », *Biologie aujourd'hui*, vol. 212, n° 3-4, 2018, p. 89-99, disponible sur : www.biologie-journal.org.

33. *Ibid.*

cas, certaines espèces peuvent atteindre l'âge adulte en seulement dix jours. De même, la période d'incubation, qui correspond au temps entre le moment où un moustique est infecté et celui où il peut à son tour transmettre le virus, est réduite. Les moustiques n'étant pas capables de réguler leur température interne, le réchauffement du climat leur permet de s'étendre progressivement vers le Nord. Avec la mondialisation, qui s'accompagne d'un nombre accru de mouvements de voyageurs et de marchandises, les maladies transmises par les moustiques apparaissent désormais dans des zones où elles étaient jusqu'à présent absentes³⁴.

Enfin, les émissions de gaz à effet de serre produites par la dégradation des déchets dans des décharges ouvertes ont des effets non négligeables sur le réchauffement climatique. Les composants organiques présents dans les amoncellements de détritiques dans les décharges se décomposent suivant différents processus de décomposition³⁵ qui durent de quelques années à plusieurs décennies et qui conduisent à la production de CO₂ et de méthane (CH₄). Les décharges rejettent donc dans l'atmosphère de puissants gaz à effet de serre³⁶, et cela continuellement pendant plusieurs décennies. En 2010, ce sont 49 Gt d'équivalent de CO₂ qui ont été déchargés dans l'atmosphère par l'homme. Parmi ces gaz on comptait 76 % de CO₂ et 16 % de CH₄³⁷. En 2012, l'Afrique subsaharienne a émis plus de 35 mt de CH₄, soit environ 10 % des émissions globales de méthane (353 mt). 1,58 mt de méthane ont été émises à partir des décharges dans la région. Cela représentait l'équivalent de 39,5 mt de CO₂, ou l'équivalent des émissions de gaz carbonique de la Suisse en 2017. Depuis les années 1970, les émissions de méthane à partir des décharges ont été multipliées par 8 en Afrique, comme on peut le voir sur le graphique suivant. Scarlat *et al.* (2015) estiment que la génération de gaz produit par les déchetteries en Afrique subsaharienne continuera

34. A. Failloux, « Les émergences d'arboviroses : Chikungunya et zika », *Bulletin Académique National de Médecine*, vol. 200, n° 1589-1603, décembre 2016, disponible sur : www.academie-medecine.fr.

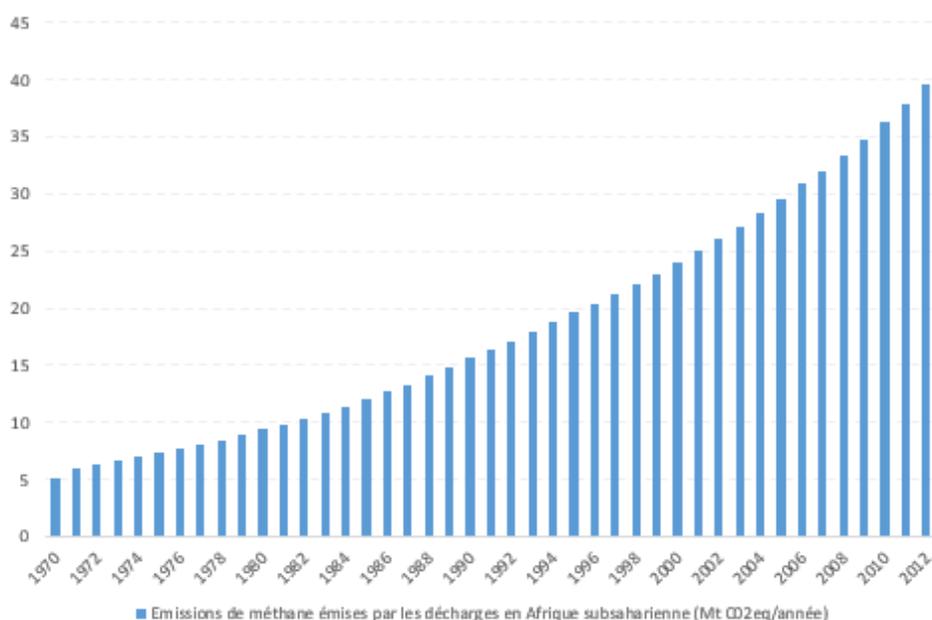
35. Selon les conditions du site dans lesquels ils sont disposés, deux processus distincts de dégradation peuvent avoir lieu : la dégradation aérobie ou anaérobie. Dans le premier cas, le processus conduira à la production d'eau, de CO₂ et de chaleur, et dans le deuxième, sera produit du CO₂ et du méthane (CH₄).

36. Le méthane est un composé chimique qui, en comparaison au CO₂, reste moins longtemps dans l'atmosphère mais a un potentiel de réchauffement climatique plus global de 28 fois supérieur au CO₂ sur une période de 100 ans et de 84 fois supérieur sur une période de 20 ans.

37. Edenhofer *et al.*, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, 2014, disponible sur : www.ipcc.ch.

d'augmenter et pourrait doubler d'ici 2025 par rapport à leur niveau de 2012³⁸.

Graphique 1 : Évolution de la quantité de méthane en équivalent carbone émise par les décharges subsahariennes de 1970 à nos jours



Source: Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR) – Commission Européenne

38. N. Scarlat *et al.*, « Evaluation of energy potential of Municipal Solid Waste from African urban areas », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 50, octobre 2015, p. 1269-1286, disponible sur : www.sciencedirect.com.

Un secteur électrique en constante mutation

Un accès restreint à l'électricité, conséquence et cause du faible niveau de développement de la région

L'accès à l'énergie est un important facteur du développement économique. Il n'est toutefois pas suffisant, à lui seul, pour porter pleinement la croissance économique d'un pays³⁹. Ouedraogo (2013) a montré qu'en Afrique de l'Ouest, à long terme, un faible accès aux services énergétique et électrique freinait la croissance et entravait les perspectives de développement dans la région⁴⁰. L'accès à l'électricité a aussi une influence importante sur le bien-être d'une population : il améliore l'accès à l'éducation, à la communication et aux soins de qualité. La consommation d'électricité a en outre une influence positive directe sur l'indice de développement humain (IDH)⁴¹.

Dans le secteur électrique plus particulièrement, l'Afrique subsaharienne est la région qui affiche le taux d'accès à l'électricité le plus faible au monde : 42 % en moyenne (hors Afrique du Sud). Dans certains pays, moins de 10 % de la population totale a accès à l'électricité, ce qui pèse lourdement sur le développement économique de la zone. L'Afrique du Sud, où la quasi-totalité de la population a accès à l'électricité, fait figure d'exception.

La faible électrification en Afrique subsaharienne pourrait être perçue comme une des principales conséquences du sous-développement de la région. Le graphique ci-dessous montre une corrélation très claire entre

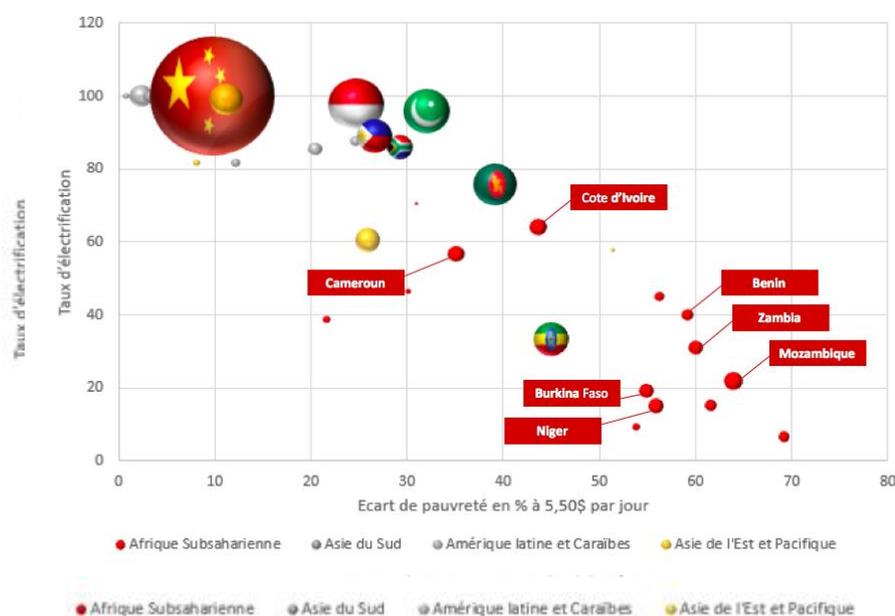
39. D. Stern, P. Burke et S. Bruns, « The Impact of Electricity on Economic Development: A Macroeconomic Perspective », Oxford Policy Management, novembre 2016, disponible sur : www.gov.uk.

40. N. Ouedraogo, « Energy Consumption Economic Growth: Evidence from the Economic Community of West African States (ECOWAS) », *Energy Economics*, vol. 36, 2013, disponible sur : <https://econpapers.repec.org>.

41. N. Ouedraogo, « Energy Consumption and Human Development: Evidence from a panel cointegration and error correction model », *Energy*, vol. 63, décembre 2013, p. 28-41, disponible sur : www.sciencedirect.com.

l'écart de pauvreté⁴² et l'accès à l'électricité⁴³. L'hypothèse peut être émise qu'un fort écart de pauvreté, ou en d'autres termes, le faible niveau de développement d'un pays, aurait une incidence directe sur l'accès à l'électricité de sa population. Cependant, en comparant les niveaux d'électrification de différents pays à revenus faibles et moyens, en contrôlant le niveau de produit intérieur brut (PIB) par habitant, on s'aperçoit qu'à niveaux de richesses égales, les taux d'accès à l'électricité sont constamment plus faibles en Afrique subsaharienne que dans les pays de comparaisons⁴⁴.

Graphique 2 : Accès à l'électricité et niveau de développement (PIB par habitant).



Source: World Bank, World Development Indicators

Le réseau électrique subsaharien a besoin d'investissements importants, principalement dans de nouvelles capacités de génération d'électricité, mais aussi de renforcement des réseaux. La région dispose d'un parc électrique extrêmement faible, avec très peu de capacités de production d'électricité installées. Les capacités de production, hors Afrique du Sud, sont de peu supérieures au parc électrique sud-africain

42. L'écart représente le pourcentage du nombre d'individus d'un pays vivant sous le seuil fixé sur la population totale. Ici, il est fixé à 5,50 dollars par personne par jour.

43. L'accès à l'électricité représente le pourcentage de la population qui a accès à l'électricité sur la population totale d'un pays. La troisième variable, la largeur des cerceaux représente la taille relative de la population totale des différents pays.

44. M. Kojima et C. Trimble, « Making Power Affordable for Africa and Viable for Its Utilities », World Bank, 2016, disponible sur : <https://openknowledge.worldbank.org>.

(48 gigawatts – GW)⁴⁵. Quatre pays seulement, en comptant l'Afrique du Sud, ont un parc de production d'une capacité supérieure à 3 GW. Le Nigeria est le deuxième pays après l'Afrique du Sud, avec les capacités de production les plus importantes : 7 804 mégawatts (MW) de capacité disponible en septembre 2018 ⁴⁶. Une douzaine de pays seulement possèdent un niveau intermédiaire de capacités installées qui vont de 1 537 MW⁴⁷ pour la Tanzanie jusqu'à 4 336 MW de capacités installées pour le Ghana⁴⁸. Certains pays comme la Centrafrique ou encore le Tchad ont des capacités de production inférieures à 100 MW⁴⁹. Si l'on tient compte des facteurs démographiques de la région, les capacités installées sont encore plus faibles en comparaison des autres pays du monde. La capacité installée en moyenne par habitant dans la région (hors Afrique du Sud) avoisine les 0,1 kW. En comparaison, celle-ci était de 0,9 kW pour l'Afrique du Sud et de 2 kW pour la France. Pour certains pays, comme le Burkina Faso, le Burundi, le Tchad ou encore le Liberia elle est inférieure à 0,05 kW⁵⁰.

La faiblesse des réseaux électriques subsahariens a un effet négatif considérable sur les économies, représentant en moyenne, selon les pays, un coût allant 1 à 5 % du PIB national⁵¹. Le Nigeria est un cas extrême : les coûts économiques engendrés par les coupures de courant s'élèveraient à plus de 29 milliards de dollars chaque année⁵².

Le changement d'échelle de l'électrification n'a pas lieu

Cette dernière décennie, les initiatives des institutions internationales pour œuvrer à l'électrification des pays en développement et en particulier d'Afrique subsaharienne se sont multipliées, mais n'ont pas permis de changer d'échelle. Parmi les principales figurent : *SE4ALL* (Energie durable pour tous) ; *Power Africa*; *Sustainable Energy Fund for Africa* ; *Electrification Financing Initiative*; ou encore *The New Deal for Energy in Africa*. Il est peu probable que le 7^e objectif de développement durable des

45. « UN data: A World of Information », United Nations, 2017.

46. Nigerian Electricity Regulatory Commission (NERC), 2018.

47. Energy and Water Utilities Regulatory Authority (EWURA), 2018.

48. Volta River Authority, 2019.

49. « UN data: A world of Information », *op. cit.*

50. *Ibid.* et « World Population Prospects 2019 », United Nations, *op. cit.*

51. N. Ouedraogo, « Modeling sustainable long-term electricity supply-demand in Africa », *Applied Energy*, vol. 190, 2017.

52. « Nigeria: 2019 Article IV Consultation-Press Release; Staff Report; and Statement by the Executive Director for Nigeria », IMF, Country Report n°19/92, avril 2019, disponible sur : www.imf.org.

Nations unies, qui consiste principalement à assurer un accès universel, abordable et fiable aux services énergétiques modernes, soit atteint d'ici 2030. L'électrification complète du continent ne sera probablement pas atteinte non plus d'ici 2040 si l'on considère les taux d'électrification de ces dernières années⁵³.

Dans le secteur électrique subsaharien, l'augmentation régulière du taux d'électrification est constamment remise en cause par l'accroissement démographique. Un effet de masse démographique persiste et l'augmentation progressive du nombre de personnes ayant accès à l'électricité s'accompagne paradoxalement d'une augmentation du nombre de personnes n'y ayant pas accès. D'après les données de la Banque mondiale et de l'ONU, l'estimation du nombre d'individus n'ayant pas accès à l'électricité est passé de près de 400 millions en 1990 à un peu moins de 600 millions en 2016⁵⁴. Certaines études, notamment de l'Agence internationale de l'énergie⁵⁵ projettent que ce chiffre pourrait continuer d'augmenter jusqu'à atteindre 662 millions en 2025. Comme l'illustre le graphique 3 ci-dessous, un rattrapage de la courbe des personnes n'ayant pas accès à l'électricité par la courbe des personnes y ayant accès s'opère néanmoins. Cela montre que le taux d'électrification est supérieur au taux d'accroissement démographique. En outre, un point d'inflexion dans les deux courbes se produit en 2015 avec, pour la première fois depuis deux décennies, une diminution du nombre de personnes sans accès à l'électricité. Cela coïncide avec le développement sur le marché des systèmes solaires décentralisés.

Le développement très rapide de la téléphonie mobile en Afrique et des systèmes de paiement mobile, ainsi que la baisse des coûts des panneaux solaires ont conduit à des innovations technologiques comme les kits solaires. Ce marché s'est rapidement développé en Afrique cette dernière décennie et a suscité un fort engouement de la part d'entreprises nationales et internationales. Néanmoins, malgré le très grand nombre de Subsahariens qui restent sans accès à l'électricité, les ventes des kits solaires commencent à stagner. L'annonce récente de procédure d'insolvabilité d'un des leaders des installations solaires domestiques montre que les forces du marché sont à l'œuvre et que celui-ci entre dans sa phase de maturité. Ces innovations technologiques et les moyens décentralisés ont néanmoins permis de repenser l'accès à l'électricité,

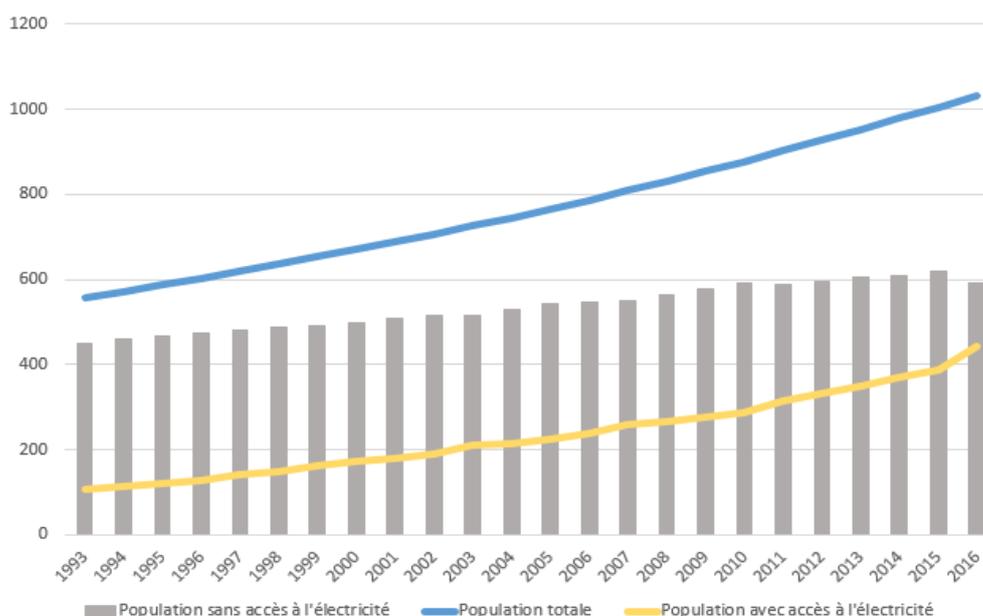
53. N. Ouedraogo, « Modeling sustainable long-term electricity supply-demand in Africa », *op. cit.*

54 . World Development Indicators, World Bank, 2017, disponible sur : <https://databank.worldbank.org> et « World Population Prospects 2019 », United Nations, *op. cit.*

55. « Africa Energy Outlook: A Focus on Energy Prospects in Sub-Saharan Africa », *World Energy Outlook Special Report*, IEA, 2014, disponible sur : www.iea.org.

faisant de l'extension du réseau une option parmi d'autres pour l'électrification du continent⁵⁶.

Graphique 3 : L'accès à l'électricité et le défi de la démographie africaine



Source: World Bank, World Development Indicators

La forte concentration des populations africaines dans des zones urbaines ne facilite pas pour autant l'accès à l'électricité. Malgré de nombreuses nouvelles connexions faites chaque année, la couverture électrique dans les zones urbaines en Afrique subsaharienne a beaucoup peiné à se développer, entre 2015 et 2016 elle a même décliné dans certains pays⁵⁷. Ce déclin de la couverture électrique dans les zones urbaines reflète l'incapacité des entreprises de fourniture d'électricité à faire face à l'augmentation rapide du nombre de citoyens⁵⁸. On peut anticiper que les entreprises d'électricité feront face à d'importantes difficultés pour assurer l'accès et la qualité de leurs services à des niveaux satisfaisants.

Avec l'urbanisation, liée à la croissance démographique et à l'exode rural, la demande sur les réseaux centralisés va continuer de croître. Les

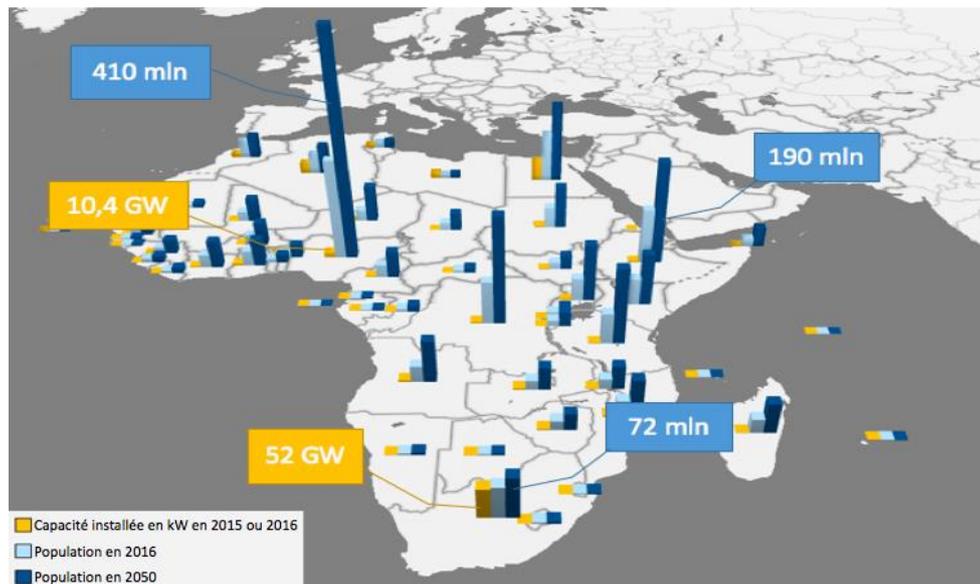
56. C. Debeugny, C. de Gromard et G. Jacquot, « L'électrification complète de l'Afrique d'ici 2030 est-elle possible ? », *Afrique contemporaine*, n° 261-262, 2017, p. 139-153.

57. En Éthiopie, en Érythrée, au Burundi, au Tchad, au Congo, en Côte d'Ivoire, en Guinée équatoriale, au Kenya, au Malawi, à Maurice, au Mozambique, aux Seychelles, en Zambie ; World Development Indicators, World Bank, *op.cit.*

58. Certaines mégapoles comme Lagos, Luanda Kinshasa, Dar es Salam ou encore Nairobi ont vu en vingt ans leur population plus que doubler. Luanda a affiché sur la période la plus importante croissance d'Afrique : plus de 239 %. Ces villes vont continuer à croître et certaines d'entre elles vont voir leur population à nouveau doubler ces deux prochaines décennies.

pays africains vont devoir répondre rapidement à l'insuffisance de leur réseau électrique et investir massivement dans de nouvelles capacités de production. La carte ci-dessous permet de comparer la capacité installée des pays du continent avec le nombre d'habitants en 2016 et les projections pour 2050. Ces projections de l'ONU, dans le contexte actuel, montrent l'ampleur des défis auxquels la région va devoir faire face. La demande d'électricité dans la région, de 583 térawatts-heure (TWh) en 2015, devrait presque quadrupler ces trois prochaines décennies, pour atteindre plus de 2 172 TWh en 2040. D'importantes disparités persisteront cependant entre les différentes régions. La demande d'électricité sera la plus élevée dans le système d'échange d'énergie régional d'Afrique australe, qui en représentera presque la moitié et sera principalement portée par l'Afrique du Sud. Le système d'échange régional d'Afrique de l'Est en représentera 35,6 %, celui d'Afrique de l'Ouest 11 % et celui d'Afrique centrale 4 %⁵⁹.

Les capacités de génération installées et la démographie africaine



Source: World Bank, World Development Indicators, United Nations' Database, UN Population Division World Population Prospects 2017

59. N. Ouedraogo, « Modeling Sustainable Long-Term Electricity Supply-Demand in Africa », *op. cit.*

L'évolution plurielle du secteur électrique subsaharien

En Afrique, la mise en place de réformes de restructuration des secteurs électriques ont conduit à une grande diversité de modèles d'organisation de la filière entre les différents pays. Parfois, les résultats n'ont pas été ceux qui étaient escomptés et généralement, les réformes n'ont pas été menées à leur terme. Sous l'impulsion des grandes institutions de développement internationales, plusieurs projets de réformes ont été menés ces dernières décennies pour aider les entreprises nationales d'électricité à sortir du cercle vicieux dans lequel elles s'étaient retrouvées : des difficultés financières importantes et des déficits chroniques qui avaient fait augmenter de manière significative l'endettement des entreprises nationales, l'absence d'investissements, une mauvaise gestion et une faible fiabilité des réseaux, des difficultés à recouvrer les paiements liés à la vente de l'électricité dues aux services dégradés et aux manques de compteurs individuels. En conséquence, il existe plus d'une quinzaine de modèles d'organisation du secteur, allant de l'étatisation complète à la libéralisation presque totale. Si elles ont permis des avancées dans certains pays, dans d'autres, la situation du secteur électrique est préoccupante. C'est le cas du Nigeria, où après une décennie de réformes, le secteur apparaît plus fragilisé que jamais, la capacité disponible a même régressé depuis le début du processus. La segmentation puis la privatisation des actifs de distribution d'électricité en onze compagnies de distribution (les « DISCOs ») n'a pas eu les effets escomptés sur l'électrification. Aucune des entreprises de distribution n'a fait le moindre bénéfice depuis la privatisation : elles auraient accumulé en quelques années une dette collective de plus de 4 milliards de dollars⁶⁰. La mise en place de différents projets, comme de compteurs prépayés qui auraient dû améliorer la collecte de revenus liés de la vente d'électricité, a été caractérisée par une mauvaise mise en œuvre. Aujourd'hui la situation semble s'être envenimée entre le gouvernement et les DISCOs et apparaît bloquée. Le ministre de l'Énergie a récemment appelé les Nigériens à suivre l'exemple du gouvernement et à passer aux technologies hors-réseaux pour contourner le réseau central défaillant⁶¹.

La vision dualiste de l'électrification qui oppose l'extension du réseau centralisé au réseau décentralisé et les zones urbaines aux zones rurales est obsolète. De nombreuses technologies décentralisées, originellement

60. N. Munshi, « Muhammadu Buhari's Challenge to Keep Nigeria's Lights On », *The Financial Times*, mai 2019, disponible sur : www.ft.com.

61. *Ibid.*

dédiées aux zones rurales ont atteint les zones urbaines où elles sont utilisées par les citoyens pour pallier aux faiblesses du réseau central. Les secteurs électriques subsahariens évoluent vers des systèmes hybrides, dans lesquels les consommateurs utilisent plusieurs moyens pour répondre au manque de fiabilité du réseau et optimiser leurs dépenses en électricité⁶². En plus des moyens alternatifs au réseau pour accéder à l'électricité tels que les kiosques électriques, les générateurs auxiliaires où les kits solaires, le marché des batteries de réserve se développe rapidement. Ces batteries vont de l'onduleur de 5 kilovoltampère (kVA) pouvant remplacer un groupe électrogène à toute une série de petits appareils électroniques rechargeables, comme la lampe de poche, le ventilateur ou d'autres appareils utilitaires⁶³.

De même, dans la région, le terme d'« accès à l'électricité » doit être considéré avec prudence. L'accès à l'électricité n'est pas une variable binaire : avoir accès à l'électricité signifie simplement être connecté à une source d'électricité, centralisée ou décentralisée, sans forcément y avoir accès dans des proportions suffisantes, de manière ininterrompue ou de manière abordable. Dans certains pays d'Afrique comme le Zimbabwe, la Zambie, le Ghana ou encore la République démocratique du Congo (RDC), une augmentation progressive du taux d'électrification s'est accompagnée d'une stagnation ou d'une baisse de la consommation d'électricité par tête, déjà très faible. Selon une étude portant sur le Rwanda, la connexion au réseau électrique de plusieurs centaines de foyers, micro-entreprises et écoles après un vaste programme d'électrification n'a eu que peu d'effet sur l'augmentation des quantités d'électricité consommées⁶⁴. Plus intéressant est le cas du Zimbabwe dont le taux d'électrification est passé de 28,2 % en 1992 à plus de 38% en 2016. Néanmoins, la consommation d'électricité par habitant est passée de 803,2 kilowatts-heure (kWh) en 1992 à seulement 537 kWh en 2014, soit une diminution de plus de 33 % en 22 ans⁶⁵. De même, le Nigeria, affiche des taux de raccordement au réseau en zone urbaine de 86 %, mais le réseau ne fonctionne que quelques heures par jour. Pour tenir compte de ces disparités d'accès à l'énergie, la Banque mondiale a mis en place un indicateur : le « Multi-Tier Framework » ;

62. S. Jaglin, « Off-Grid Electricity in Sub-Saharan Africa: From Rural Experiments to Urban Hybridisations », HAL, 2019; A. Creti et M. Saliou Barry, « Pay-as-you-go contacts for electricity access: bridging the "last mile" gap? », 5th DIAL conference on development economics, université Paris-Dauphine, 2019.

63. M. Rateau, « Stockage de l'électricité : la nouvelle solution anti-pénurie ? Retours d'Ibadan et de Cotonou », présentation au Labex Futurs Urbains, septembre 2018, disponible sur : <https://alternasud.hypotheses.org>.

64. L. Lenz *et al.*, « Does Large-Scale Infrastructure Investment Alleviate Poverty? Impacts of Rwanda's Electricity Access Roll-Out Program », *World Development*, vol. 89, 2017.

65. World Development Indicators, World Bank, 2017.

celui-ci comprend à la fois des variables quantitatives comme la capacité installée et qualitatives comme par exemple la fiabilité de l'approvisionnement. Cet indicateur va du Tier 0, qui correspond à un accès nul, au Tier 5, qui équivaut à un accès complet.

L'incinération des déchets : traiter deux problèmes d'un même front

Le recouvrement d'énergie à partir de l'incinération, une solution miracle ?

Les technologies qui produisent de l'énergie à partir de déchets peuvent jouer un rôle clé en Afrique subsaharienne, en permettant de mieux gérer l'augmentation importante du volume de déchets, tout en répondant au besoin grandissant en consommation d'électricité dans la région⁶⁶. De plus, l'utilisation de cette technologie permettrait théoriquement de faire baisser les émissions de gaz à effet de serre, donc de participer à la lutte contre le réchauffement climatique.

L'incinération est capable de réduire jusqu'à plus de 90 % du volume initial de déchets⁶⁷ et de faire diminuer considérablement la masse finale de déchets qui seront enfouis. Cela facilite alors la recherche des sites d'enfouissements optimaux, situés à l'écart des villes et des ressources d'eau. Cela fait baisser les coûts des investissements nécessaires à la protection de l'environnement comme par exemple ceux liés à la mise en place de revêtements étanches sur le site, minéraux ou plastiques, pour imperméabiliser les sols. Cela permet d'empêcher que le lixiviat produit à partir des déchets ne pénètre dans les sols. En outre, avec une masse de déchets plus faible, les coûts de transports des déchets résiduels au site de traitement diminuent. Une partie de ces résidus, composés principalement de cendre, de boues et d'autres dépôts solides, peut aussi être utilisée pour générer des revenus, en étant recyclés ou en étant utilisés dans la composition de matériaux de construction.

Monni (2012) a estimé qu'une centrale électrique alimentée par des déchets municipaux émet entre 35 % et 60 % de moins qu'une centrale à combustible fossile, après la prise en compte de l'équivalent des émissions

66. L. Makarichi, W. Jutidamrongphan et K-A. Techato, « The Evolution of Waste-to-Energy Incineration: A Review », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 91, 2018, disponible sur : <https://ideas.repec.org>.

67. D. Hoornweg et P. Bhada-Tata, « What a Waste », *op. cit.*

du méthane qui auraient été rejetées dans une décharge⁶⁸. L'énergie produite à partir de déchets permettrait potentiellement de remplacer des centrales de production d'électricité qui utilisent des combustibles fossiles polluants⁶⁹ et de faire face à la sous-capacité de production électrique⁷⁰. Le potentiel (théorique) de production d'électricité à partir de déchets municipaux s'élèverait à plus de 11 % de la consommation électrique de la région. Si la totalité des déchets produits en Afrique subsaharienne en 2012 avaient été incinérés, plus de 40 TWh auraient pu être produits. La même année, pour les déchets qui ont été collectés, la production d'électricité aurait pu s'élever à 17,7 TWh⁷¹. À titre de comparaison, la consommation totale d'électricité du continent africain s'élevait à 605 TWh en 2012, dont 352 TWh consommés en Afrique subsaharienne⁷². En 2025, selon les estimations des auteurs, le potentiel de production d'électricité à partir de tous les déchets produits s'élèverait à 86,2 TWh, pour environ 53 TWh à partir des déchets qui seront vraisemblablement collectés⁷³. Cette différence entre les déchets produits et ceux collectés pourrait agir comme un levier pour stimuler le développement du secteur de gestion des déchets, qui concerne une part encore trop faible des déchets produits dans la région.

Une « matière première » très hétérogène

Les déchets utilisés comme source d'énergie sont très hétérogènes : le papier ne se consume pas comme du plastique, qui ne brûle pas comme des déchets alimentaires. Chaque type de déchet possède une valeur calorifique propre. La valeur calorifique, ou « pouvoir calorifique », correspond à l'énergie thermique libérée lors de la combustion d'un kilogramme de matériau. La valeur calorifique moyenne d'un ensemble hétérogène de déchets municipaux en détermine la combustibilité, et donc, le potentiel

68. S. Monni, « From Landfilling to Waste Incineration: Implications on GHG Emissions of Different Actors », *International Journal of Greenhouse Gas Control*, vol. 8, disponible sur : www.sciencedirect.com.

69. N. Menikpura, J. Sang-Arun et M. Bengtsson, « Assessment of environmental and economic performance of Waste-to-Energy in Thai cities », *Renewable Energy*, vol. 86, 2015.

70. M.L. Carneiro, M. Sebastiao et P. Gomes, « Energy, Exergy, Environmental And Economic Analysis of Hybrid Waste-To-Energy Plants », *Energy Conversion and Management*, vol. 179, janvier 2019.

71. N. Scarlat *et al.*, « Evaluation of Energy Potential of Municipal Solid Waste From African Urban Areas », *op. cit.*

72. « Africa Energy Outlook », IEA, *op. cit.*

73. N. Scarlat *et al.*, « Evaluation of Energy Potential Of Municipal Solid Waste From African Urban Areas », *op. cit.*

énergétique qui peut en être extrait pour produire de l'électricité. La valeur calorifique des principaux déchets est donnée par le tableau suivant :

Type de déchets	Valeur calorifique nette (MJ/kg)
Déchets organiques	4
Papiers	16
Plastiques	35
Verre	0
Métaux	0
Textiles	19
Autres	11

Source : Hoornweg et Bhada-Tata, 2012

Tout comme le volume de déchets produits, la valeur calorifique des déchets est fortement corrélée au niveau de développement d'un pays et différera selon les pays, les villes, les quartiers et les foyers. Un pays développé, dans sa production de déchets moyenne, aura une plus grande part de déchets plastiques ou papiers, avec une valeur calorifique plus élevée que les déchets organiques, dont la part est plus importante dans les pays en développement. Un pays à haut revenu émet en moyenne 28 % de déchets organiques, soit deux fois moins qu'un pays à faibles revenus et 6 fois plus de papier⁷⁴. Dans les pays en développement, l'importance de la part des déchets organiques dans les déchets municipaux est un obstacle à la mise en place de centrales d'incinération. En effet, cela contribue à diminuer le potentiel énergétique d'une centrale. Cette variable n'est pas fixe, elle a tendance à augmenter avec le développement économique d'un pays et le niveau de vie de ses habitants⁷⁵. Lorsqu'un pays voit les revenus disponibles de ses habitants augmenter, leurs schémas de consommation vont évoluer et le panier de consommation moyen, donc de déchets produits, va changer.

Un certain nombre de facteurs structurels affectent la composition des déchets comme les modes de vie locaux, le climat ou encore la zone géographique⁷⁶. La composition des déchets revêt aussi une composante dynamique. Tout comme la consommation, la composition des déchets ne

74. D. Hoornweg et P. Bhada-Tata, « What a waste », *op. cit.*

75. *Ibid.* et N. Scarlat *et al.*, « Evaluation of energy potential of Municipal Solid Waste from African urban areas », *op. cit.* et N. Menikpura, J. Sang-Arun et M. Bengtsson, « Assessment of environmental and economic performance of Waste-to-Energy in Thai cities », *op. cit.*

76. K. Miezah *et al.*, « Municipal Solid Waste Characterization and Quantification as a Measure towards Effective Waste Management in Ghana », *Waste Management*, vol. 46, décembre 2015.

sera pas la même selon la période de l'année. Elle pourra changer selon les saisons⁷⁷, et être influencée par les coutumes locales comme les fêtes traditionnelles ou les périodes de vacances⁷⁸. Le nombre de précipitation annuelle est aussi un facteur important. Les précipitations n'affectent pas directement la valeur calorifique des déchets mais leur teneur en humidité et donc leur combustibilité. L'humidité diminue fortement leur potentiel d'incinération. Elle fait augmenter le poids des déchets et contribue donc aussi à l'augmentation des coûts de transports. Une règle de base pour que le processus de combustion soit autosuffisant et ne nécessite pas l'ajout de combustibles, est que la valeur calorifique moyenne des déchets soit de 7 mégajoules par kilogramme (MJ/kg)⁷⁹. De même, pour permettre l'incinération de déchets, la teneur en humidité des déchets ne doit pas excéder les 30 %⁸⁰.

En Afrique subsaharienne, les différentes études sur la composition de déchets estiment qu'en moyenne, les déchets organiques représentent 58 % de la production totale, avec des niveaux qui varient de 18 % à plus de 88 %⁸¹. Les quelques études qui ont été effectuées sur les villes subsahariennes montrent que les déchets papiers sont en moyenne la deuxième catégorie de déchet la plus importante (dans le panier global), suivie par le plastique. Néanmoins, les niveaux varient fortement entre les villes. La part du papier dans les déchets totaux va de 2 %, dans la ville de Kano au Nigeria à 30 % à Gaborone au Botswana. Celle du plastique varie, quant à elle, de 0,9 %, dans la ville de Freetown en Sierra Leone, à plus de 20 % à Juba au Soudan⁸². Cette très grande diversité est un problème car elle augmente la variabilité de la valeur calorifique des déchets et donc leur combustibilité selon les différentes villes. Une centrale standardisée ne peut donc s'adapter facilement à cette grande diversité de valeur calorifique des déchets. Cela contribue en partie à freiner le développement de la technologie à grande échelle en Afrique.

77. N. Menikpura, J. Sang-Arun et M. Bengtsson, « Assessment of Environmental And Economic Performance of Waste-to-Energy in Thai cities », *op. cit.*

78. C. Ofori-Boateng, K.T. Lee et M. Mensah, « The Prospects Of Electricity Generation From Municipal Solid Waste (MSW) In Ghana: A Better Waste Management Option », *Fuel Processing Technology*, vol.110, juin 2013, et J. Marshal *et al.*, « World Energy Resources: Waste to Energy », World Energy Council, 2016.

79. J. Haukohl et U. Marxen et T. Rand, « Municipal Solid Waste Incineration: A Decision Maker's Guide », World Bank, juin 2000.

80. L. Makarichi, W. Jutidamrongphan et K.-A. Techato, « The Evolution of Waste-To-Energy Incineration: A Review », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 91, août 2018.

81. N. Scarlat *et al.*, Evaluation of Energy Potential of Municipal Solid Waste From African Urban Areas, *op. cit.*

82. K. Miezah *et al.*, « Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana », *op. cit.*

Obstacles de court terme et opportunités de long terme

Avant d'initier un projet d'incinération, il est nécessaire d'avoir une connaissance approfondie de la composition et de la disponibilité des déchets au niveau local⁸³. En conséquence, il est indispensable d'avoir des systèmes de collecte de données fiables sur la composition de déchets locaux et ce, sur une longue période afin de tenir compte de leur variation saisonnière. Ces informations font défaut. Le manque de données sur la collecte de déchets est une lacune importante. Cela amène à des incertitudes sur l'estimation du niveau réel de production de déchets d'une région, leur disponibilité journalière, leur composition et donc sur le potentiel énergétique qui pourra en être extrait et sur la quantité d'électricité qui pourra être produite. Avec la volatilité de la composition des déchets, si la valeur calorifique des déchets baisse à certains moments de l'année en deçà du seuil de combustibilité de 6 MJ/kg, cela peut forcer les opérateurs de la centrale à incinérer les déchets avec des combustibles fossiles. Les coûts d'opération augmentent ainsi et il peut en résulter des problèmes techniques si la centrale n'a pas été prévue pour la cogénération en premier lieu⁸⁴. Or, en Afrique subsaharienne, la part élevée de déchets organiques fait que la valeur calorifique moyenne frôle ce seuil. De même, les évolutions rapides qui ont lieu en Afrique, sur les plans économiques et sociaux, vont faire évoluer la composition des déchets⁸⁵.

Le secteur de gestion des déchets en Afrique subsaharienne est désorganisé et peu fiable. Il représente pourtant un poste budgétaire important pour les municipalités, mais qui reste sous-dimensionné par rapport aux besoins. Souvent, les services de collectes ne couvrent qu'une infime partie des déchets produits. Sur tous les pays d'Afrique subsaharienne, 41 pays collectaient moins de 50 % des déchets produits en 2012, 7 d'entre eux en collectaient moins de 30 %⁸⁶. Pour fonctionner en continu, une centrale a besoin d'un apport régulier de déchets. Mais en Afrique subsaharienne, les conditions qui permettraient d'acheminer en continu des déchets à la centrale ne sont pas toujours réunies. À la variabilité de la composition des déchets et au manque de données sur la composition des déchets s'ajoute donc le problème posé par un afflux

83. D. Hoornweg et P. Bhada-Tata, « What a waste », *op. cit.*

84. L. Makarichi, W. Jutidamrongphan et K-A. Techato, « The Evolution of Waste-to-Energy Incineration: A Review », *op. cit.*

85. L. Makarichi et W. Jutidamrongphan et K. Techato, « The Evolution of Waste-to-Energy Incineration: A Review », *op. cit.*

86. N. Scarlat *et al.*, « Evaluation of Energy Potential of Municipal Solid Waste from African Urban Areas », *op. cit.*

discontinu de déchets, qui peut interrompre l'exploitation de la centrale. Sans informations sur la composition des déchets et leur approvisionnement, il n'est pas possible d'estimer le potentiel de production d'électricité de la centrale et donc d'établir un flux de trésorerie prévisionnel, alors que celui-ci permettrait de déterminer les retours financiers du projet et donc déclencher une décision d'investissement.

D'un point de vue financier, l'utilisation de cette technologie pour gérer les déchets n'est pas attractive, à la fois dans le secteur de la gestion des déchets et dans le secteur électrique. Les coûts de l'incinération pour traiter les déchets sont beaucoup plus élevés que les coûts de décharges, surtout lorsque la filière est peu développée et que son organisation est en partie informelle comme c'est le cas en Afrique. Dans le secteur électrique, les coûts de capital et d'opération de l'incinération sont très élevés en comparaison des autres technologies disponibles⁸⁷. De surcroît, les risques d'arrêt de la centrale et de surcoûts liés à un approvisionnement discontinu de déchets ne sont pas négligeables. Cela rend ce type de projet difficilement viable du point de vue financier.

Pour augmenter la valeur calorifique des déchets, et améliorer la rentabilité de la centrale, il peut déjà être intéressant de mettre en place des mesures simples, comme séparer à la source les déchets organiques des autres déchets. Les déchets organiques pourront être utilisés comme compost, et les autres, être dirigés vers la centrale d'incinération. Séparés des déchets organiques, la valeur calorifique moyenne des déchets incinérés sera augmentée, améliorant l'efficacité des centrales. À court terme, l'intérêt des projets d'incinération en Afrique subsaharienne ne réside donc pas nécessairement dans leur rentabilité financière mais dans leur capacité à promouvoir le développement d'un secteur plus efficace de gestion des déchets.

Devant l'augmentation globale de la production de déchets dans les pays émergents et le besoin de les traiter pour protéger l'environnement et la santé des populations, la demande pour les technologies de recouvrement d'électricité à partir de l'incinération va croître. Les technologies occidentales sont adaptées à des influx de déchets à haute valeur calorifique : ainsi, pour faire face à l'augmentation importante de sa production de déchets, la Chine a mis en place de nouvelles technologies d'incinération, qui fonctionnent lorsque les détritiques présentent une part importante de déchets organiques et une haute teneur en humidité. Elle possède aujourd'hui la plus grande flotte de centrales d'incinération au

87. N. Menikpura, J. Sang-Arun et M. Bengtsson, « Assessment of Environmental and Economic Performance of Waste-to-Energy in Thai Cities », *op. cit.*

monde⁸⁸. Néanmoins, les technologies chinoises reposeraient sur l'ajout de combustibles fossiles pour compenser la faible valeur calorifique des déchets⁸⁹. En outre, l'inquiétude des citoyens chinois vis-à-vis du contrôle des émissions toxiques des centrales d'incinération a conduit à de nombreuses protestations contre ce type de projet⁹⁰. Si le marché se développe en Afrique, il en résultera probablement un processus d'apprentissage et une baisse des coûts, ce qui pourra éventuellement faciliter le déploiement de ces technologies dans les pays subsahariens. Mais l'incinération restera très probablement l'exception plutôt que la règle pour le secteur de la gestion des déchets dans les zones urbaines africaines. Le cas d'étude sur la première centrale de ce type, détaillé dans la quatrième partie nous montre que cette technologie n'est pas encore au point.

88. L. Makarichi, W. Jutidamrongphan et K. Techato, « The Evolution of Waste-to-Energy Incineration: A Review », *op. cit.*

89. B. Solenthaler et R. Bunge, « Waste Incineration in China », Institut für angewandte Umwelttechnik, disponible sur : www.ipek.hsr.ch.

90. M. Standaert, « As China Pushes Waste-to-Energy Incinerators, Protests Are Mounting », Yale Environment 360, 20 avril 2017, disponible sur : <https://e360.yale.edu>.

Étude de cas : la première centrale d'incinération en Éthiopie

L'Éthiopie est un des pays les plus dynamiques d'Afrique et l'État éthiopien joue un rôle prépondérant dans l'économie. Les investissements publics dans les infrastructures représentent plus de 20 % du PIB national. Le pays affiche les taux de croissance les plus importants au monde, 10 % en moyenne ces quinze dernières années. Un léger ralentissement est néanmoins observé : 7,7 % de croissance en 2018 et attendus pour 2019. Ces taux restent toutefois largement supérieurs à la moyenne de la région subsaharienne (3 %) ⁹¹. Ces progrès économiques s'accompagnent aussi d'importants efforts pour lutter contre la pauvreté, avec des programmes sociaux ambitieux d'accès à l'éducation, aux soins, et de réduction des inégalités. Néanmoins, la pauvreté reste importante en Éthiopie, le secteur privé peine à se développer, et l'économie nationale est toujours peu diversifiée.

La population éthiopienne croît rapidement et atteint aujourd'hui près de 108 millions d'habitants. Elle a quintuplé depuis les années cinquante et devrait à nouveau doubler d'ici 2050 ⁹². L'urbanisation de l'Éthiopie, en comparaison des autres pays subsahariens, a tardé à se matérialiser. Le taux d'urbanisation faisait partie des plus bas du continent africain à la fin des années 1980 et représentait près de la moitié de la moyenne régionale, de l'ordre de 2 %. Ce n'est qu'à partir de la seconde moitié des années 1980 que la population urbaine éthiopienne a connu une forte augmentation. Le taux d'urbanisation éthiopien ⁹³ était de plus de 3 % en moyenne sur toute la période de 1985-1990, largement au-dessus de la moyenne régionale de 2 %. Selon plusieurs auteurs, l'urbanisation tardive de l'Éthiopie s'explique par la faiblesse des surplus issus de l'agriculture nationale ⁹⁴. Elle pourrait aussi s'expliquer par la très faible présence de ressources naturelles dans le sol éthiopien : la formation d'économies de rente qui découle de

91. *World Economic Outlook*, IMF, avril 2019, disponible sur : www.imf.org.

92. « World Population Prospects 2019 », United Nations, *op. cit.*

93. *Ibid.*

94. A. Pierrat, « Les lieux de l'ordure de Dakar et d'Addis-Ababa : Territoires urbains et valorisation non institutionnelle des déchets dans deux capitales africaines », thèse pour l'obtention du doctorat en géographie, École doctorale de géographie de Paris, Université Paris 1.

l'exploitation des richesses naturelles a généralement tendance en Afrique à aspirer les populations vers les villes. Aujourd'hui, seules 20 % de la population éthiopienne est urbaine, deux fois moins que la moyenne régionale. Néanmoins, la ville d'Addis-Abeba a connu une très forte expansion. Avec moins de 400 000 habitants en 1950, la capitale éthiopienne en compte aujourd'hui plus de 4 millions et représente près d'un cinquième de la population urbaine totale. Son nombre d'habitants devrait encore doubler lors de ces quinze prochaines années⁹⁵.

Avec environ 4 200 MW de capacité installée, l'Éthiopie est le pays avec la production électrique parmi les plus décarbonnées au monde. Son mix électrique se compose principalement d'énergie hydroélectrique (89 %), d'énergie éolienne (8 %), pour seulement 3 % d'électricité produite à partir de combustibles fossiles. Néanmoins, seule une faible partie de la population (44 %) a accès à l'électricité et il persiste de fortes disparités entre le milieu rural et le milieu urbain : 31 % de la population rurale seulement a accès à l'électricité pour près de 97 % pour la population urbaine⁹⁶. En dépit de cette électrification, la pauvreté urbaine reste très forte, notamment dans la capitale. Les taux de pauvreté et de chômage à Addis-Abeba, de 30 % et de 24 % respectivement, rivalisent avec ceux des zones rurales⁹⁷.

Ces développements économique et démographique entraînent à la fois une augmentation de la production de déchets et un besoin accru en énergie. Le taux de collecte des déchets dans la capitale éthiopienne, de 75 %⁹⁸, est élevé par rapport à la moyenne africaine, mais tout comme le taux d'électrification, ce taux diffère selon les niveaux de vie des quartiers. La composition des déchets dans la capitale éthiopienne n'a que très peu évolué ces dernières décennies. Les particules de poussière fine en constituent la majeure partie 60 %, suivi par les déchets organiques 25 %. On observe toutefois une légère baisse de ces derniers au profit d'une plus grande part de déchets plastiques et papiers, qui vont de pair avec le développement économique de la ville⁹⁹.

En moyenne, 84 % de la collecte des déchets à Addis-Abeba s'effectue par conteneurs collectifs. Chaque foyer a la responsabilité d'emporter ses déchets ménagers de son habitation à la benne. Les 16 % des déchets collectés restants sont récupérés directement aux portes des habitations

95. « World Urbanization Prospects 2018 », United Nations, *op. cit.*

96. « World Development Indicators », World Bank, *op. cit.*

97. « For the Democratic Republic of Ethiopia 2018-2022 », World Bank Group Country Partnership Framework, World Bank, 2017.

98. A. Pierrat, « Les lieux de l'ordure de Dakar et d'Addis-Abeba : Territoires urbains et valorisation non institutionnelle des déchets dans deux capitales africaines », *op. cit.*

99. *Ibid.*

mais sont principalement réservés aux quartiers les plus riches¹⁰⁰. Les conteneurs collectifs et les déchets collectés aux habitations sont ensuite récupérés par les services municipaux pour être amenés à la décharge de Koshe. La décharge de Koshe, qui signifie « sale » en argot amharique, est le principal site d'entreposage des déchets depuis près d'un demi-siècle. Elle est aujourd'hui complètement saturée. Sans aucun revêtement au sol ni système de traitement des déchets, les détritrus y sont entassés à ciel ouvert, sans aucune planification. Par endroits l'amoncellement de détritrus peut atteindre plus de 20 mètres de hauteur. Le site ne présente pas seulement un problème d'ordre sanitaire pour la ville, l'empilement continu des déchets sans aucun aménagement est particulièrement instable. En 2017, un « éboulement » de déchets dans la décharge avait coûté la vie à plus de 110 personnes¹⁰¹.

Malgré un taux de collecte élevé pour la région, les déchets non collectés s'accumulent et les moyens mis en œuvre, en constante augmentation, restent encore insuffisants pour faire face à l'augmentation de la production de déchets. La topographie particulière de la capitale éthiopienne, très vallonnée, complique le développement des services de gestion des déchets. Les quartiers les plus riches sont situés sur les hauteurs, bien desservis par les principales artères routières de la ville et disposent d'un accès aux services publics. Les quartiers les plus pauvres, pouvant dans certains cas être apparentés à des bidonvilles, sont situés en contrebas¹⁰². Dans ces quartiers, souvent non pavés et inaccessibles aux véhicules, le ramassage des déchets doit se faire avec des moyens rudimentaires, compliquant la tâche des services de collecte des déchets et en faisant augmenter le coût. En conséquence, dans ces quartiers, les déchets sont rarement ramassés. Malgré la présence de conteneurs collectifs dans les quartiers de la ville, leur nombre est insuffisant. Trop rarement vidés, ils sont souvent saturés et les déchets s'amoncellent autour. Leur faible nombre allonge la distance que doivent parcourir les foyers pour déposer leurs déchets dans les bennes et donc la pénibilité de la tâche. Il en résulte une multiplication de dépôts sauvages dans des fossés, des terrains laissés à l'abandon, ou sur les abords des nombreux ruisseaux présents en contrebas de la ville¹⁰³.

Face à la faiblesse des services de gestion des déchets, le secteur informel se développe afin d'exploiter la valeur économique que peuvent présenter certains déchets. De nombreux « gardiens » informels surveillent

100. *Ibid.*

101. « Un gigantesque éboulement dans une décharge d'Addis-Abeba fait une centaine de morts », *Le Monde*, mars 2017, disponible sur : www.lemonde.fr.

102. A. Pierrat, « Les lieux de l'ordure de Dakar et d'Addis-Abeba », *op. cit.*

103. *Ibid.*

les conteneurs collectifs et récupèrent les déchets qui peuvent être valorisés. Ce tri a parfois lieu au sein même des foyers où sont récoltés les matières plastiques et les objets en fer qui sont soit réutilisés soit revendus. À Addis-Abeba, les déchets plastiques à haute valeur calorifique sont utilisés comme source d'énergie. Les sacs plastiques fins sont fondus en une pâte qui peut ensuite facilement s'enflammer et servir de combustible pour la cuisine¹⁰⁴.

Face à l'augmentation de la production de déchets et à la saturation de la décharge insalubre de Koshe, la municipalité a développé un projet de site d'enfouissement sanitaire : le site de Sendafa. Ce site d'enfouissement devait ouvrir en 2016 en étant équipé pour accueillir les déchets non-dangereux de manière adéquate, avec un revêtement au sol et un système de traitement des lixiviats. La fermeture partielle et progressive de Koshe avait été planifiée pour que les déchets de la ville soient progressivement apportés vers le nouveau site de Sendafa. Néanmoins, celui-ci n'a jamais pu ouvrir. Situées en région Oromo, les populations locales s'étaient mobilisées contre ce projet, refusant que les déchets de la capitale soient entreposés sur leur territoire. La décharge de Koshe avait donc été rouverte et le projet de Sendafa, déjà opérationnel, a été suspendu.

En parallèle, l'entreprise nationale d'électricité éthiopienne, Ethiopian Electric Power (EEP), a commencé à développer un autre projet pour gérer la production de déchets de la ville : la centrale d'incinération *Reppie*. Ce projet aurait été développé sans consultation de la municipalité, pourtant en charge de la gestion des déchets de la capitale. *Reppie* a été intégralement financée par l'État éthiopien et aurait coûté environ 118 millions de dollars. La centrale devait permettre de traiter 80 % de la production de déchets annuelle tout en produisant de l'électricité pour répondre à une part significative de la demande électrique de la capitale. Le consortium comprend le groupe Cambridge Industries Limited, qui développe des projets d'énergies renouvelables dans les pays émergents et plus particulièrement en Afrique, ainsi que China National Electric Engineering Co, une multinationale chinoise étatique spécialisée dans les services d'ingénierie. La centrale *Reppie* serait la première d'un programme plus vaste de développement de projets d'incinération dans les grandes villes africaines.

La construction de la centrale a eu un effet médiatique retentissant. Un très grand nombre de médias internationaux de premier plan ont relayé l'information en soulignant le caractère novateur d'un tel projet pour s'attaquer au problème des déchets et le rôle pionnier de l'Éthiopie dans

104. *Ibid.*

l'utilisation de cette technologie. Cependant, la municipalité d'Addis-Abeba aurait été mise à l'écart de ce projet. Elle n'aurait pas non plus été sollicitée lors des études de conception de la centrale, ce qui aurait pu permettre d'utiliser ses compétences en matière de gestion des déchets et ses connaissances sur la composition des déchets de la ville. Ces éléments sont pourtant indispensables pour connaître le potentiel réel de production d'électricité à partir des déchets locaux et surtout, la faisabilité d'un tel projet.

Juste après l'inauguration de la nouvelle centrale, en août 2018, celle-ci a cessé de fonctionner. Beaucoup d'informations contradictoires ont circulé sur cet arrêt. Celui-ci serait lié à des désaccords entre EEP et le consortium sur la capacité de production d'électricité de *Reppie*. Originellement prévue pour atteindre les 50 MW, la capacité de la centrale aurait été revue à la baisse pour atteindre une capacité de 25 MW¹⁰⁵. Cependant, la centrale aurait connu d'autres difficultés. Il semblerait que l'absence de tri des déchets à destination de la centrale et la présence dans ces derniers de gravats et autres matériaux inattendus aurait pu être la cause d'importants dommages¹⁰⁶. Après presque une année de fermeture, il semblerait que la centrale ait aujourd'hui repris son fonctionnement. Mais au 1^{er} février 2019, des images satellites montrent que la centrale était encore à l'arrêt.

Ce projet a eu un fort retentissement dans la région et plusieurs métropoles africaines, dont les décharges insalubres arrivent à saturation, considèrent désormais l'incinération comme une technologie adéquate pour faire face à l'augmentation de la production de déchets tout en répondant à leurs besoins en électricité. Si les objectifs de ces projets sont louables, une mise en place qui repose sur des études préalables et une coopération étroite avec les acteurs déjà en place est nécessaire pour leur aboutissement. Trop souvent, ces projets « vitrines » se caractérisent par une mise en œuvre défailante, conséquence d'une mauvaise planification et de chevauchements entre les agences en charge, comme cela a été le cas pour le projet de tramway d'Addis-Abeba¹⁰⁷. Ces projets gagneraient plus à s'inscrire dans une logique de développement de long terme des services de la ville que dans une logique de communication de court terme.

105. G. J. Akincho, « Éthiopie : la centrale de Reppie fournit désormais 25 MW d'électricité en transformant les déchets d'Addis-Abeba », Agence Ecofin, août 2018, disponible sur : www.agenceecofin.com.

106. « Ethiopia: Planning to Fail », *allAfrica*, août 2019, disponible sur : <https://allafrica.com>.

107. C. Nallet, « Le défi des mobilités urbaines en Afrique. Le cas du tramway d'Addis-Abeba », *Notes de l'Ifri*, Ifri, février 2018, disponible sur : www.ifri.org.

Le Kenya semble suivre l'exemple de l'Éthiopie et mettre en place un projet d'incinération pour faire face à l'augmentation rapide des déchets produits par la capitale et la saturation de la décharge de Dandora, l'équivalent Kényan de Koshe. Néanmoins, ce projet d'incinération semble s'inscrire dans un plan plus large d'amélioration du secteur de la gestion des déchets visant la réduction de la production de déchets municipaux, ainsi que leur réutilisation et leur recyclage. Seuls 5 % de la quantité totale de déchets produite devraient être incinérés, ceux avec le plus gros potentiel de production d'énergie, tandis que 5 % devraient finir à la décharge.

Conclusion

Dans un contexte de très forte croissance démographique et économique, la production de déchets en Afrique subsaharienne va plus que tripler au cours des trente prochaines années. En parallèle, le nombre de personnes n'ayant pas accès à l'électricité dans la région va continuer de croître. Pour qu'une plus grande partie de la population puisse bénéficier de services de gestion de déchets et de services énergétiques, les deux secteurs doivent se développer. Le recouvrement d'électricité à partir de l'incinération peut être une solution intéressante car il permettrait de diminuer le volume de déchets devant être enfouis, tout en augmentant sensiblement les capacités de production d'électricité.

Cependant, le développement de cette technologie dans cette région fait face à différents écueils. En premier lieu, elle demeure coûteuse et nécessite un investissement initial significatif. Ensuite, les coûts d'exploitation des centrales d'incinération sont élevés : leur gestion demande une maintenance et une expertise technique importante pour assurer un bon fonctionnement et éviter que la combustion des déchets n'émette des fumées particulièrement toxiques. En conséquence, l'incinération reste encore largement hors de portée des budgets locaux. De plus, les caractéristiques des déchets produits localement, à faible valeur calorifique en Afrique subsaharienne, en font un combustible de second rang. Les inconnues majeures qui entourent leur composition exacte et leur disponibilité sur de longues périodes rendent ce type d'investissement dans la région particulièrement risqué.

Les défis de la gestion des déchets et du développement du secteur électrique subsaharien ne se résoudront pas en un jour. Dans les pays industrialisés, la mise en place des systèmes de gestion de déchets que nous connaissons aujourd'hui a pris près de deux siècles. Il n'existe pas de solution miracle qui permettrait à l'Afrique subsaharienne de passer directement à un secteur de gestion des déchets et à un secteur électrique efficaces. Toutefois, le développement de technologies d'incinération plus adaptées aux spécificités des déchets dans les pays émergents, sous l'impulsion de la Chine, pourrait en faire diminuer le coût et les rendre plus accessibles aux pays d'Afrique subsaharienne. À condition qu'ils ne donnent pas lieu à la combustion conjointe de fiouls lourds par exemple.

Les récents projets de centrales d'incinération en Afrique montrent une évolution du paradigme sur la question des déchets dans la région. Ceux-ci figurent désormais aux premiers rangs des agendas politiques nationaux et semblent même perçus par les acteurs politiques comme une ressource potentielle pour répondre aux besoins énergétiques des grandes villes. L'incinération ne doit cependant pas être considérée comme la solution idéale pour faire face à l'augmentation des déchets municipaux dans les villes africaines. Elle serait plutôt l'un des rouages d'une filière plus efficace de gestion des déchets. Aussi, l'attention doit se focaliser au préalable sur la recherche d'une plus grande efficacité, avec la mise en place de systèmes de collecte de données précis et fiables sur la composition des déchets, le renforcement des agences en charge et une compréhension plus fine du rôle joué par le secteur informel.

À plus long terme, l'incinération des déchets pour la production d'électricité ne parviendra pas à compenser l'augmentation considérable et continue de la production de déchets, alimentée par la croissance économique, démographique et l'urbanisation. Aussi, la réflexion doit se concentrer sur une question capitale qui concerne tous les pays, développés et émergents : comment décorrélérer ces variables avec la production de déchets ? *Le meilleur déchet étant celui qui n'est pas produit.*

Le prochain sommet Afrique-France, qui se tiendra en juin 2020 à Bordeaux sur le thème des villes durables, sera l'occasion de mettre en lumière les enjeux de l'urbanisation africaine. Cependant, cette étude nous montre que les solutions technologiques, aussi innovatrices soient-elles, ne peuvent remplacer les fondamentaux du bon développement d'une ville que sont la réflexion, la planification, ainsi que la compétence et la bonne coordination des autorités en charge.

