
N° 12 | 2023

Stratégies de gestion de l'information durable : la question des territoires

Information durable et stratégie de décarbonation des villes européennes

Nathalie FABRY Professeur des universités

IFIS

DICEN-Idf

Université Gustave Eiffel, Champs-sur-Marne

Sylvain ZEGHNI

Édition électronique :

URL :

<https://revue-cossi.numerev.com/articles/revue-12/107-information-durable-et-strategie-de-decarbonation-des-villes-europeennes>

DOI : numerev_2771

Date de publication : 13/11/2023

Cette publication est sous licence **CC BY-NC-ND** (Attribution - No commercial - No derivatives).

Pour **citer cette publication** : FABRY, N., ZEGHNI, S. (2023) Information durable et stratégie de décarbonation des villes européennes. *Revue COSSI*, (12). https://doi.org/10.34745/numerev_2771

Mots-clés :

Information durable, -, Décarbonation, Gaz à effet de serre

Introduction

L'objectif de l'accord de Paris (COP 21), adopté par plus de 170 pays en 2015, est de contraindre le réchauffement climatique à des niveaux bien inférieurs à 2°C, voire 1,5°C, par rapport aux niveaux préindustriels (CCNUCC, 2015 ; Rogelj et al., 2019). Dans le cadre de cet accord, de nombreuses régions du monde ont proposé des objectifs spécifiques pour l'atténuation des gaz à effet de serre (GES) et des politiques environnementales plus strictes (Liobikiene et Butkus, 2017 ; Sobrinho et al., 2020 ; Zhou et al., 2021) mais beaucoup reste à faire (UNEP, 2020 ; GIEC 2022).

Le rôle des villes et de leurs acteurs dans la création d'une société durable à faible émission de carbone est essentiel (Georgeson et al., 2016 ; Sun et al., 2016). Les villes couvrent 3 % de la surface de la Terre, accueillent la moitié de la population mondiale, sont responsables de plus de 70 % des émissions de GES et de près de 80% de la consommation mondiale d'énergie (IEA, 2012 ; IIASA, 2012 ; Wei et al. 2021). On s'attend à ce que, d'ici 2050, 70% de la population mondiale vive dans des zones urbaines.

Avec le *Green Deal*, l'Union européenne (UE) s'engage de manière contraignante à ce que les États membres réduisent fortement les émissions de GES à l'horizon de 2030 (Drysdale et al., 2020). Dans ce cadre, de nombreuses villes de l'UE se sont engagées à réduire leurs émissions de GES, voire atteindre la neutralité carbone (Reckien et al., 2018). Cependant Salvia et al. (2021), après avoir évalué les plans de 327 villes de l'UE, ont montré que beaucoup de villes devraient doubler leurs ambitions pour atteindre les objectifs fixés par l'Accord de Paris.

Pour s'engager dans une politique de décarbonation et agir en faveur du changement climatique, les villes doivent disposer d'information, de données et d'indicateurs afin d'établir des bilans comparés des émissions de GES et d'identifier les grandes lignes des actions menées par les villes.

L'objectif de cet article est d'analyser l'information durable (Nolin 2010) sur laquelle les villes adossent leur stratégie de décarbonation. Notre recherche questionne les

méthodes de comptabilisation des émissions carbone mais aussi les enjeux info-communicationnels de la production de ces indicateurs. Ces indicateurs sont-ils suffisants et pertinents ; permettent-ils d'évaluer l'efficacité des politiques de réductions des émissions de GES ; permettent-ils de sensibiliser les citoyens et de les inciter à soutenir de manière active cette décarbonation ?

Dans un premier point nous présenterons la façon dont la décarbonation des villes est mesurée et les enjeux info-communicationnels de la production de cette information. Nous étudierons ensuite la stratégie de décarbonation de 12 villes européennes pour finir par une analyse critique de l'information durable disponible en matière de décarbonation des villes.

1. La mesure de la décarbonation des villes

Aborder la décarbonation des villes revient non seulement à mesurer les émissions de GES mais surtout à établir un bilan carbone dans une perspective relativement longue pour appréhender les tendances et les évolutions en matière de décarbonation. Les méthodes de comptabilisation sont complexes car non encore unifiées, et reposent essentiellement sur de l'auto-déclaratif. Les données sont regroupées au sein de plateformes et de bases de données disponibles en open data. Ces données présentent des enjeux info-communicationnels pour les villes et leurs parties-prenantes.

1.1. Une méthode basée sur l'auto-déclaration

Pour appréhender la décarbonation, il faut d'abord être en mesure de mesurer les émissions de CO₂ des villes. Deux méthodes semblent désormais s'imposer, celle de l'*Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* plus connu sous le nom de « méthode du GIEC » (IPPC, 2019) et celle proposée par le *Global Protocol for Community Greenhouse Gas Emissions Inventories* (GPC, 2014). Cette dernière ambitionne de devenir la norme internationale recommandée pour la comptabilisation des émissions de GES des villes. Ces organisations proposent aux villes de suivre une méthodologie précise pour renseigner au mieux les émissions de GES et rendre les données comparables.

Ces méthodes présentent des différences dans les exigences de comptabilisation, en particulier pour les émissions hors des « frontières » urbaines liées aux activités intérieures. Cela peut conduire à des résultats différents, pour une même ville. Dans ces protocoles, la comparaison des détails des émissions transfrontalières est nécessaire. On devrait être en capacité de mesurer les émissions territoriales et d'y ajouter les émissions incorporées dans les importations et d'en déduire les émissions incorporées dans les exportations (Chen et al., 2019).

Toutes les villes ou agglomérations sont amenées, sur la base du volontariat, à fournir un ensemble de données standardisées en répondant à un questionnaire annuel. Ce travail d'harmonisation est important pour permettre l'évaluation et la comparaison des progrès de l'atténuation des émissions de GES dans le temps et l'espace.

C'est sur cette base déclarative que nombres d'auteurs ont évalué l'efficacité des progrès en matière de réduction des émissions de GES ou des objectifs climatiques dans certaines villes (Chen et al., 2019 ; Chen et Chen, 2012 ; Drozd et al., 2021). Cependant, il n'existe pas de bilan global des villes à différents stades de développement à l'échelle sectorielle (transport, bâtiments, déchets, etc.) et les comparaisons entre les différentes années sont souvent incohérentes. Il est également essentiel de comparer les objectifs de réduction des émissions de carbone entre les villes, ce qui est important pour évaluer les écarts entre les progrès actuels et les attentes futures en matière d'atténuation. En fait, il semble plus facile de suivre les trajectoires individuelles des villes que de les comparer.

1.2. Les bases de données disponibles

Le Carbon Disclosure Project est une plateforme mondiale qui permet aux villes de publier des informations sur leur plan d'action climatique et sur les réalisations accomplies en matière de réduction des GES. La base de données comprend des informations provenant d'un questionnaire volontaire que les représentants des villes remplissent chaque année. Cette plateforme dispose de la collection la plus complète de données environnementales auto-déclarées au monde. Elle contient des données sur les émissions de GES, l'atténuation du changement climatique, les plans d'adaptation et les objectifs climatiques. Le CDP a une couverture élevée des villes mondiales et une qualité de données relativement bonne disponibles en open source.

Le CDP collabore avec la Convention mondiale des maires pour le climat et l'énergie et avec le C40 cities, réseau qui relie 97 des plus grandes villes du monde pour lutter contre le changement climatique en fournissant des informations sur les émissions de carbone et les plans de réduction des émissions de GES. Le CDP collabore avec l'ICLEI pour la durabilité et d'autres organisations qui œuvrent en faveur de l'action climatique au niveau local.

Au niveau européen, le réseau Euro Cities regroupe les 200 principales villes européennes de 38 pays. L'ambition est de proposer aux 130 millions d'habitants concernés, une meilleure qualité de vie en partenariat avec l'UE dans une logique *bottom-up* de changements issus du terrain. L'Agence européenne pour l'environnement en collaboration avec son Centre thématique européen sur l'atténuation du changement climatique et l'énergie (CTE/CME), compile et traite les données transmises par les États membres. L'Agence analyse également les tendances passées et à venir ainsi que les facteurs sous-jacents des émissions de GES. Elle est en mesure de renseigner sur les progrès de l'UE en matière de réduction des émissions de

GES dans son rapport annuel.

Nous sommes bien en présence d'une information durable au sens de « information for sustainable development » de Nolin (2011). Cette information, ici centrée sur les émissions de GES, propose des indicateurs en appui des politiques publiques, est de nature participative (auto déclaration) et est collectée et diffusée par des systèmes d'information accessibles à tous (base de données en open source).

2. Les enjeux info-communicationnels de la production des données

La production de l'information durable, notamment dans le cas du suivi des émissions de GES, nécessite des compétences techniques particulières au sein des municipalités, ce qui engendre des coûts financiers. Derrière la production et la publication des informations, les villes font donc un choix politique qui fait référence à un type particulier de gouvernance, la gouvernance climatique. Cette gouvernance repose sur une approche multi-acteurs qui s'appuie tant sur une coordination verticale qu'horizontale (Fröhlich et al. 2013, Kern et Alber 2009) de nature participative dont l'objet est de relever les défis du changement climatique et promouvoir la durabilité. La gouvernance doit faciliter la :

- coordination entre les différents échelons territoriaux notamment pour les métropoles ;
- planification des actions à mener selon les secteurs (énergie, transports, bâtiments, urbanisme, eau, déchets) ;
- collaboration entre les diverses parties-prenantes pour mobiliser les ressources notamment financières, partager les connaissances et mettre en place des solutions innovantes ;
- mesure des progrès (collecte de données fiables sur les émissions de carbone, mise en place d'indicateurs de suivi et de reporting).

Du point de vue info-communicationnel, les enjeux de la décarbonation des villes sont importants. Il s'agit pour la ville de communiquer sur ses intentions et ses réalisations (campagnes de sensibilisation ciblées, communication multicanal) afin d'embarquer les parties-prenantes (citoyens et acteurs localisés) dans le soutien à sa politique de décarbonation. Il est alors nécessaire de mettre en place des d'interactions locales et de donner du sens à l'action de la ville d'abord en formant et éduquant les citoyens, ensuite en incitant les parties-prenantes à contribuer à la décarbonation souvent de manière très concrète et factuelle (participation citoyenne, partenariats, projets pilotes,

etc.) sans omettre la mise en valeur des réalisations (succès, bonnes pratiques).

Pour les citoyens, les enjeux de la décarbonation sont liés à l'amélioration du cadre de vie à plusieurs niveaux :

- Amélioration de la qualité de l'air ce qui a un impact direct sur la santé publique ;
- Transition vers des systèmes énergétiques bas-carbone (énergies renouvelables) ce qui contribue à la réduction des coûts énergétiques et à la réduction de la dépendance à l'énergie carbonée ;
- Création de nouvelles opportunités d'emplois « verts » ;
- Contribution à la résilience urbaine et à la lutte contre le réchauffement climatique

3. La décarbonation de 12 villes de l'union européenne

3.1. Échantillon et données explorées

Notre échantillon comprend les 12 villes européennes suivantes, classées par ordre alphabétique : Barcelone (Espagne), Berlin (Allemagne), Braga (Portugal), Copenhague (Danemark), Heidelberg (Allemagne), Helsinki (Finlande), Lahti (Finlande), Malmö (Suède), Paris (France), Stockholm (Suède), Turin (Italie), Turku (Finlande). Il s'agit de 12 régions urbaines (villes ou zones métropolitaines) de 8 pays de l'UE, sélectionnées en fonction de la représentativité de la taille des villes et de la distribution régionale. Ces échantillons urbains représentatifs sont généralement des villes centrales, des zones urbaines importantes voire des régions métropolitaines dans leur pays.

La sélection des villes est basée sur l'ambition des objectifs climatiques à l'échelle de la communauté en termes de % d'émissions de GES à atténuer d'ici 2050 ou avant. De ce fait, toutes ces villes sont ou ont été classées dans la « liste A » établie par le Carbon Disclosure Project. Cette « liste A » a été établie en 2018 à la suite de la COP 21 et fait l'objet d'une actualisation régulière. Il s'agit de recenser les villes qui ont réalisé des progrès majeurs depuis la signature de l'accord de Paris et se sont fixé des objectifs ambitieux en matière de changement climatique. Comme le montre le tableau 1, deux villes de notre échantillon sont classées depuis 2018 (Barcelone et Paris), sept villes sont entrées dans le classement en 2019 (Berlin, Heidelberg, Lahti, Malmö, Stockholm, Turin et Turku) et 3 villes en 2020 (Braga, Copenhague, Helsinki). Les deux derniers classements (2021 et 2022) voient des villes sortir du classement. Il s'agit de Heidelberg, Malmö et Turin qui sont sorties en 2021 et de Berlin, Copenhague, Heidelberg, Helsinki, Stockholm et Turin en 2022. Ces villes n'ont probablement pas maintenu leurs engagements en raison de la pandémie de coronavirus.

Par ailleurs, la moitié de ces villes ont été finalistes ou ont obtenu le *European Green Capital Award*, récompense qui couronne les efforts des villes soucieuses de proposer à leurs citoyens une vie urbaine respectueuse de l'environnement. Il s'agit d'une initiative prise en 2006 par 15 villes européennes (Tallinn, Helsinki, Riga, Vilnius, Berlin, Varsovie, Madrid, Ljubljana, Prague, Vienne, Kiel, Kotka, Dartford, Tartu et Glasgow) et l'Association des villes estoniennes. Cette initiative est relayée et soutenue par la Commission européenne depuis 2008. Elle valorise les initiatives locales qui peuvent ensuite être partagées avec d'autres villes au titre de l'échange de bonnes pratiques selon une logique *bottom-up*.

Tableau 1: Les 12 villes de notre échantillon

Ville (pays)	Population 2021* / 2020	Superficie Km2	CDP Liste A					EU Cities	C40	European green capital Award Winner* / Finalist
			2018	2019	2020	2021	2022			
Barcelone (Espagne)	1 664 182	102,15	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	2012 et 2013
Berlin (Allemagne)	3 769 000	891		Oui	Oui	Oui		Oui	Oui	
Braga (Portugal)	189 331	183			Oui	Oui	Oui	Oui		
Copenhague (Danemark)	638 147*	91,3			Oui	Oui		Oui	Oui	2010 et 2011 et 2014*
Heidelberg (Allemagne)	145 512	108,83		Oui	Oui				Oui	
Helsinki (Finlande)	655 395	214,25			Oui	Oui		Oui		
Lahti (Finlande)	120 133*	459		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		2020 et 2021*
Malmö (Suède)	347 949	156,95		Oui	Oui			Oui	Oui	2012 et 2013
Paris (France)	2 175 601*	105	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	
Stockholm (Suède)	981 105	18,7		Oui	Oui	Oui		Oui	Oui	2010* et 2011
Turin (Italie)	866 51	130,2		Oui	Oui			Oui		2022
Turku (Finlande)	194 000	246		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		

Sources : CDP « Liste A » ; EU cities, C40

Les sources de données utilisées dans notre étude sur les villes sont les bases de données publiques de C40 Cities, EU Cities, l'Agence européenne pour l'environnement et la plateforme Carbon Disclosure Project qui est notre principale source d'information, car toutes les villes ou agglomérations ont volontairement fourni un ensemble de données standardisées en répondant à un questionnaire annuel. Cette base étant très riche, nous avons principalement exploré les données relatives aux émissions de GES dénommée *city-wide emission* disponible pour les années 2019, 2020 et 2021. Comme les villes sélectionnées disposent de bilans d'émissions de GES depuis au moins deux ans nous pourrions comparer les progrès de la réduction des émissions de GES. Nous avons également utilisé la base CDP *renewable energy* de 2020 qui précise les cibles des villes en matière d'énergie renouvelable. Nous avons ensuite exploité la base *Mitigation actions* qui recense les cibles et les actions en faveur de la réduction des émissions de GES. Enfin, la base *Governance*, renseigne sur l'intégralité des actions menées par les villes au-delà de la décarbonation (changement climatique). Cette base de données permet d'analyser des objectifs de réduction des émissions de carbone fournis par les villes.

Pour calculer les émissions de CO₂, les villes de Berlin, Copenhague, Lahti et Turin ont utilisé les recommandations de l'*Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006* (IPPC 2006) tandis que les autres villes du panel ont utilisé la méthode proposée par le *Global Protocol for Community*

2. Les actions des villes pour réduire les émissions de GES

Les villes de l'échantillon ont fixé des objectifs de réduction de carbone clairs, parfois ambitieux, et traçables. La plupart des villes arrive à réduire leurs émissions de GES à la suite d'actions de réduction des émissions, de changement technologique, de la diminution de l'utilisation du chauffage urbain et du fioul domestique ou encore à l'amélioration de l'efficacité énergétique, mais aussi en raison de la réduction de la population et de la crise économique. L'énergie stationnaire et le transport routier sont les principaux responsables des émissions de GES des villes. Parmi tous les utilisateurs d'énergie stationnaire, les bâtiments résidentiels et institutionnels jouent un rôle important.

Les principales mesures prises par les villes concernent pour l'essentiel six secteurs qui sont détaillées dans le tableau 2. S'agissant des approvisionnements en énergie, les villes étudiées cherchent à optimiser la production traditionnelle d'électricité/énergie (chauffage urbain, stockage de l'électricité) et à privilégier la production d'énergie à faible ou à zéro émission de carbone (biogaz, solaire, éolien). Les villes visent l'efficacité et la sobriété énergétique dans les bâtiments publics et privés, notamment les logements dans les parcs immobiliers anciens. Beaucoup de villes en sont au stade de la feuille de route et de l'affichage des intentions sauf en matière d'abandon des systèmes de chauffage au fioul et de développement du solaire. Concernant les déchets, les villes cherchent à améliorer l'efficacité de la collecte et viser le zéro déchet. Elles cherchent ensuite à produire avec ces déchets du biogaz. Certaines villes tentent de transformer les eaux usées en énergie (Copenhague, Lahti). Côté développement urbain, les villes tentent dans le cadre des réhabilitations à développer des éco-quartiers, les transports en commun, l'agriculture urbaine, la biodiversité et les espaces verts pour renforcer les puits de carbone. D'autres comme Braga ou Lahti se lancent dans le concept de « villes compactes ». L'action sur les infrastructures (hors transports) concerne l'éclairage public en LED et les éclairages « intelligents » (Paris, Barcelone) et la mise en place de capteurs (Barcelone, Paris, Turin). Les transports publics et privés constituent une préoccupation majeure partagée par toutes les villes de notre échantillon. Il s'agit de réaliser des économies de carburant et de réduire les émissions de CO₂ des transports en communs (hydrogène, électrique). Toutes les villes misent sur le vélo, et les voitures électriques et surtout sur la réduction des véhicules privés par une meilleure gestion de la demande de transports (covoiturage, etc.). Il s'agit de favoriser les mobilités peu carbonées et de développer les infrastructures autour du vélo.

Tableau 2 : Actions des villes par secteurs pour réduire les émissions de GES

Secteurs	Principales actions menées	Ville concernée (Actions spécifiques des villes)
Approvisionnement en énergie :	Privilégier la production d'énergie à faible ou à zéro émission de carbone.	Barcelone (l'électricité achetée par la mairie est certifiée verte à 100%) Berlin (refroidissement urbain) Heidelberg (solaire, chauffage urbain/quartier) Lahti (remplacement d'une ancienne chaudière de chauffage urbain par une nouvelle chaudière bioélectrique) Paris (Soutien à la création de coopératives citoyennes avec des projets d'installations solaires, Utilisation des énergies de récupération : développer les multiples possibilités à Paris, acquisition de "certificats verts" par la production d'énergie renouvelable / groupement d'achat d'énergie verte, Utilisation des énergies de récupération : développer les multiples possibilités à Paris)
	Réduction des pertes de transmission et de distribution	Berlin (Programme de financement pour le stockage de l'électricité et le photovoltaïque)
	Production d'énergie à faible ou à zéro émission de carbone	Copenhague (éolien) Helsinki (horizon 2035) Stockholm (développer les puits de carbone pour atteindre des émissions négatives ; remplacer le gaz naturel par du biogaz dans le réseau de gaz ; augmenter l'énergie solaire) Turku (Système énergétique neutre en carbone)
	Production d'énergie renouvelable sur site	Copenhague (biogaz à partir de déchets organiques)
	Optimiser la production traditionnelle d'électricité/énergie	Heidelberg (Tour de stockage d'énergie) Turin
Bâtiments :	Efficacité énergétique/ mesures d'amélioration	Berlin (Feuilles de route et plan d'action pour la rénovation des bâtiments publics, projet <i>Zuhaus in Berlin</i> conseil en énergie de proximité pour les propriétaires de maisons individuelles et maisons collectives) Copenhague (efficacité énergétique dans les logements publics / bâtiments municipaux, rénovation urbaine, saut énergétique) Heidelberg (Programme de maisons passives) Helsinki Lahti (Réfection du parc immobilier ancien) Paris (Rénovation thermique de plus de 50 millions de m ² de commerces, bureaux, hôtels, équipements publics (+ amélioration du confort thermique d'été & amélioration de la qualité de l'air intérieur, etc.), 5 000 logements sociaux rénovés par an à partir de 2020, Adoption de comportements économes, rénover les bâtiments les plus énergivores de la ville) Paris (normes pour les nouvelles constructions à partir de 2018, encourager tous les chantiers de construction à s'engager dans une logique d'économie circulaire) Stockholm (Efficacité énergétique des bâtiments) Turin (chauffage urbain, construction du nouveau siège de la Région Piémont = effet de démonstration)
	Passage à des combustibles à faible teneur en carbone	Berlin (Programme de changement de systèmes de chauffage) Malmö (Chauffage urbain 100% renouvelable) Stockholm (élimination progressive du fioul dans les bâtiments ; réduction des émissions dans le chauffage urbain) Turku
	Production d'énergie renouvelable sur site	Barcelone (solaire) Berlin (solaire) Helsinki (solaire) Lahti (Développement du chauffage urbain, partenariat climat avec les entreprises, améliorer la collecte des gaz de décharge à Kujala, favoriser la mutation énergétique des bâtiments et des quartiers d'habitation par l'abandon du chauffage au fioul) Malmö (solaire) Paris (Repenser l'utilisation des toits : production d'énergie solaire + systèmes de stockage innovants).
	Réduction des émissions de carbone dans l'industrie	Barcelone Berlin
	Évaluation de la performance des bâtiments et rapports	Braga Copenhague (chauffage urbain de quartier) Malmö (Stratégie de construction écologique) Paris (Développement d'un plan directeur pour l'efficacité énergétique des bâtiments publics en 2020) Turin (Réaménagement des bureaux municipaux sur la place San Giovanni)
Déchets :	Améliorer l'efficacité de la collecte des déchets et viser le zéro déchet	Barcelone Braga Turin (Séparation des matières recyclables et organiques des autres déchets)
	Politiques et programmes de prévention des déchets	Braga Paris (Encourager la structuration de la chaîne liée au traitement, au recyclage et/ou à la réutilisation des technologies liées à la transition énergétique)
	Collectes et/ou installations de recyclage ou de compostage	Lahti (Production de biogaz) Paris (Généraliser progressivement la collecte sélective des bio déchets ; échanges pour la réutilisation des matériaux entre la ville et les acteurs privés ; généraliser progressivement la collecte sélective des bio déchets ; échanges pour la réutilisation des matériaux entre la ville et les acteurs privés)

Secteurs	Principales actions menées	Ville concernée (Actions spécifiques des villes)
Eau	Initiatives de transformation des eaux usées en énergie	Copenhague Lahti (Améliorer l'utilisation de l'énergie du traitement des eaux usées et du traitement des eaux usées dans la région de Lahti)
	Boisement des zones de captage d'eau	Copenhague
Infrastructures	Éclairage public « intelligent »	Barcelone Paris (développement de nouveaux services tels que des capteurs d'ombrage, d'environnement et de trafic pour l'éclairage public) Turin (signalisation routière)
	Éclairage extérieur : LED / CFL / autres technologies de luminaires	Braga – Copenhague – Paris – Turin
Transport privé	Améliorer les économies de carburant et réduire les émissions de CO2 des véhicules motorisés	Barcelone (-20%) Braga Copenhague (voitures électriques) Heidelberg (programme de mobilité écologique) Lahti (Les véhicules achetés pour la ville sont à faibles émissions) Paris (Innovation et expérimentation de nouvelles solutions pour la massification de la mobilité propre (électrique hydrogène gaz électricité verte) ; une flotte municipale exemplaire ; innovation et expérimentation de nouvelles solutions pour la massification de la mobilité propre (électrique hydrogène gaz électricité verte, création du système de parking Prolib' d'ici 2024). Stockholm (réduction des émissions des carburants et des véhicules, réduction des émissions dues à la navigation).
	Infrastructure pour le transport non motorisé	Berlin (vélo, vélo cargo) Heidelberg (vélo, green city) Lahti (Mise en œuvre des recommandations du Plan de développement de la marche et du vélo Lahti 2025)
	Gestion de la demande de transport	Malmö (Stratégie de mobilité pour les transports liés au travail) Stockholm (réduction du kilométrage des véhicules routiers).
Transports en commun	Améliorer l'infrastructure, les services et l'exploitation des bus et/ou des trains légers.	Braga – Copenhague Turin (transports publics neutres en carbone) Turku (Transports publics neutres en carbone)
	Améliorer les infrastructures, les services et l'exploitation des trains, métros et tramways	Braga Paris (développement des réseaux de transports) Turin (vélos, pistes cyclables, extension L1 métro, L2 métro)
	Améliorer les économies de carburant et réduire les émissions de CO2	Copenhague (Alimentation à quai pour les navires de croisière, zone verte dans le port) Lahti (achats de bus électriques car les transports locaux fonctionneront à l'électricité et au biogaz d'ici 2030). Malmö
Développement à l'échelle communautaire	Développement axé sur le transport en commun	Barcelone Berlin
	Stratégie de développement des écoquartiers	Berlin Paris (Expérimenter un dispositif de mutualisation des projets de rénovation énergétique sous la forme d'une Zone de Rénovation Concertée (ZRC) dès 2018) Stockholm (Réduction des émissions des machines de construction)
	Villes compactes	Braga (Politiques de régénération et de réhabilitation urbaine, développement des éco quartiers) Lahti (Le plan directeur examine les effets sur les émissions de gaz à effet de serre et d'autres émissions, la consommation de ressources naturelles et les services écosystémiques)
	Préservation et expansion des espaces verts et/ou de la biodiversité	Braga (information à la population et sensibilisation) Copenhague (boisement) Paris (Au moins 300 îlots de fraîcheur et sentiers créés ou rendus accessibles au public à Paris d'ici 2030). Turin (boisement) Turku (Renforcer les puits de carbone)
	Agriculture urbaine	Braga Paris : (encourager la production et la consommation durables de denrées alimentaires (Encourager la consommation d'aliments de qualité, moins carbonés (locaux, de saison et bio) et moins carnés auprès des consommateurs, restaurateurs et distributeurs à travers le Programme Nutrition Santé de Paris (depuis 2011) ; partenariats entre la restauration collective de la Ville de Paris et les agriculteurs franciliens ; favoriser la relocalisation partielle de l'offre alimentaire parisienne en région parisienne grâce à la structuration de filières agricoles durables ; partenariats entre la Ville de Paris, la restauration collective et les agriculteurs franciliens)
Finances et développement économique	Instruments de financement des projets à faible intensité carbone	Braga
	Développer l'économie verte	Braga

Sources : D'après CDP Cities, City-wide Emissions (2021), fichier « Cities Emissions Reduction Targets &

4. Discussion et analyse critique de l'information durable disponible

Afin de limiter le réchauffement climatique à 1,5°C au cours de ce siècle, les villes doivent mener une politique de développement durable axée sur l'innovation. En outre, des instruments doivent être mis en place pour faciliter cette transformation et la mise à niveau des industries traditionnelles ainsi que le développement de chaînes d'approvisionnement plus propres et le passage à un mode de vie à faible émission de carbone. Plusieurs recommandations en matière de politique publique peuvent être formulées pour faire progresser les actions climatiques futures dans les villes.

1. Des stratégies d'atténuation plus efficaces ciblant des secteurs clés

L'énergie consommée par le parc immobilier (résidentiel et d'entreprises) et les transports routiers sont les deux principaux secteurs responsables des émissions de GES des grandes métropoles. Des mesures telles que la promotion d'audits énergétiques sur la consommation d'énergie des bâtiments (Kontokosta et *al.*, 2020), l'ajustement des structures des bâtiments (Li et *al.*, 2019), et le contrôle et la réduction des activités de construction inutiles (Zhang et *al.*, 2019) devraient être envisagées pour atteindre l'objectif d'émission nette zéro des bâtiments.

Les villes dont la population est importante, dont les infrastructures de transport se développent rapidement et dont la demande de déplacements est élevée ont tendance à avoir une part plus importante d'émissions liées au transport. Le contrôle efficace des émissions des transports suppose la mise en place de divers outils par les décideurs. Par exemple, les services publics peuvent systématiquement acheter des véhicules propres. En outre, les combustibles fossiles utilisés dans les transports devraient être remplacés par des énergies plus propres comme l'hydrogène et les biocarburants (Axsen et *al.*, 2020), et promouvoir le développement du parc de véhicules électriques tant dans les transports publics que privés (Safarzy'nska et *al.*, 2018). De plus, les normes d'émissions routières devraient être améliorées et mises à jour pour minimiser l'impact des véhicules à essence et diesel existants (Thiel et *al.*, 2016). La mise en place d'incitations économiques telles qu'un système de monnaie carbone pour les personnes employant des mobilités douces comme c'est le cas à Lahti (Finlande), peut être un élément facilitateur de la transition énergétique.

En outre, la gestion des déchets et le recyclage ne doivent pas être ignorés (Weidner et *al.*, 2021). Comme le montrent nos résultats, pour certaines villes telles que Lahti, la contribution de l'élimination des déchets aux émissions totales est relativement élevée.

Il est très important pour décarboner d'être en mesure de renforcer la réutilisation des déchets sous forme de nouveaux produits à faible teneur en carbone comme la réutilisation de la biomasse pour la production d'énergie (Tripathi et *al.*, 2019). Une gestion appropriée des déchets solides peut aider à optimiser l'utilisation des ressources, tendre vers le « zéro déchet » et donc contribuer à la construction d'une économie circulaire (Fernandez-Brana et *al.*, 2020).

2. Renforcement de la méthodologie d'évaluation des progrès en matière de réduction des émissions

Pour évaluer l'efficacité des politiques de réduction des émissions de carbone dans les zones urbaines, il est nécessaire de compiler des bilans d'émissions précis et chronologiques en utilisant une méthodologie cohérente. À l'heure actuelle, malgré les nombreux efforts déployés pour établir le compte carbone des différentes villes, il n'existe toujours pas de base de données dynamique de grande qualité sur les émissions de GES des villes à l'échelle mondiale. La plupart des villes ne disposent pas de bilans d'émissions de GES comparables dans le temps à un niveau sectoriel détaillé.

Certaines villes américaines et européennes ont développé des bilans d'émissions de GES relativement complets (par ex. Lahti, Turku, Malmö) tandis que d'autres villes ne disposent de données d'émissions que pour quelques années ou ne rapportent pas les émissions de certains secteurs (par ex. Berlin, Barcelone). La mise en place de données traçables, transparentes et disponibles sur longue période, sur les émissions de GES favoriserait une meilleure collaboration entre les grandes villes.

En outre, les comptes-carbone basés sur la consommation et sur les infrastructures ont été de plus en plus adoptés pour déterminer l'impact climatique et les responsabilités des villes en matière d'atténuation (Chen et Chen, 2017 ; Ramaswami et *al.*, 2021). Le développement de bases de données mondiales reposant sur la consommation et l'infrastructure devrait également être à l'ordre du jour. L'amélioration du système de notification et de la qualité des données relatives aux émissions de GES serait préférable pour l'évaluation des processus de décarbonation. Cela impose des exigences plus élevées en matière de collecte de données de base, tant en termes de volume de données que de niveau de précision.

3. Des objectifs de réduction plus ambitieux et plus faciles à suivre

Bien que de nombreux pays aient annoncé des engagements climatiques ambitieux, les objectifs climatiques semblent moins clairs et moins disponibles pour de nombreuses villes. Peu de villes dans le monde, y compris en Europe, ont des objectifs climatiques traçables. Les villes de la plupart des pays développés ont fixé des objectifs climatiques clairs à long terme, tels que la neutralité carbone d'ici 2050. En comparaison, un grand

nombre de villes des régions en développement préfèrent des objectifs d'intensité et des objectifs de scénario de référence qui sont généralement basés sur le court ou le moyen terme, ce qui n'est pas entièrement compatible avec les objectifs climatiques mondiaux. À un certain stade, l'intensité de carbone est un indicateur utile de la décarbonation de l'économie et offre une meilleure flexibilité aux villes qui connaissent une croissance économique rapide et une augmentation des émissions. Mais à long terme, il est essentiel de passer des objectifs d'intensité aux objectifs absolus dans les villes pour atteindre la neutralité carbone mondiale d'ici 2050.

En outre, des objectifs spécifiques décomposés en différents secteurs (par exemple, des objectifs spécifiques pour la consommation d'énergie, les transports et les déchets) sont nécessaires pour atténuer les écarts d'émissions. Copenhague prévoit d'atteindre une réduction de 20 % de la consommation de chaleur en 2025 par rapport à 2010 et des émissions nettes de carbone nulles dans les transports publics d'ici 2025 (CPH, 2012). Une large coopération entre les gouvernements, les communautés d'affaires, les institutions de recherche et les organisations sociales est nécessaire pour fournir des solutions technologiques synergiques en vue d'atteindre les objectifs de réduction des émissions sectorielles. Les objectifs climatiques pour les différents secteurs et industries devraient être conçus de manière simple et facilement traçable, et permettre une comparaison transparente au niveau sectoriel entre les villes (Levin et Fransen, 2019).

Conclusion

La production de données sur la décarbonation des villes est essentielle pour évaluer les progrès, identifier les domaines d'action prioritaires et orienter les politiques et les initiatives futures.

Il convient de noter certaines limites et incertitudes. Tout d'abord, les définitions de l'unité de compte sont diverses et parfois incohérentes d'une ville à l'autre, ce qui rend difficile l'évaluation des villes à la même échelle géographique et à la même gouvernance, compte tenu des données actuelles. Cela peut introduire des incertitudes dans les comptes et bilans carbone. Par exemple, certaines mesures d'atténuation du changement climatique devraient avoir lieu dans des zones suburbaines voisines ou à un niveau plus élevé de la métropole (comme la réduction du carbone du transport interurbain et l'élimination des déchets en dehors du centre-ville). De récentes publications (Harris et al., 2019 ; EIB, 2022) suggèrent qu'il faut lier les comptabilités en termes de production et en termes de consommation, ce qui nous semble pertinent.

De plus, la plupart des estimations reposent sur des paramètres issus d'études techniques qui sont appliqués à des mesures d'activité basées sur des enquêtes pour le transport, la production d'énergie et l'industrie manufacturière. L'avènement de la mesure du CO₂ par satellite a considérablement élargi le champ d'application des évaluations des performances en matière d'émissions (Dasgupta et al., 2021). Des

observations à haute résolution des concentrations atmosphériques de GES sont désormais disponibles à partir de plusieurs plateformes, notamment les instruments OCO-2 et OCO-3 de la NASA, les plateformes METOP-A et TROPOMI (Sentinel-5P) de l'Agence spatiale européenne, et les satellites GOSAT et GOSAT-2 de l'Agence japonaise d'exploration spatiale.

Enfin, la structure de gouvernance locale influence la manière dont un territoire entreprend des actions climatiques et l'efficacité potentielle de ces actions (Linton et al. 2020, Van Der Heijden 2019). Si la politique de décarbonation doit être ajustée aux spécificités de chaque ville en (culture locale, priorités spécifiques), il n'en demeure pas moins que chaque ville doit engager une stratégie de communication pour promouvoir l'information durable et les solutions durables et, de ce fait, embarquer dans son sillon les parties-prenantes. L'information durable doit venir en soutien de la stratégie de décarbonation des villes européennes en favorisant la transition vers des villes à faible émission de carbone. En définitive, la décarbonation des villes est un résultat mais surtout un processus collaboratif et participatif.

Bibliographie

Agence européenne pour l'environnement (2021), *EU Greenhouse Gas inventory report*, <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-inventory-2021> (consulté le 18 novembre 2022).

Axsen, J., Plötz, P. et Wolinetz M. (2020). Crafting strong, integrated policy mixes for deep CO₂ mitigation in road transport. *Nature Climate Change*, 10, 809–818. doi: 10.1038/s41558-020-0877-y.

C40 Cities. (2020). *Climate Action Planning Framework*; C40 Cities: London, UK. <https://resourcecentre.c40.org/climate-action-planning-framework-home> (consulté le 18 novembre 2022).

Carbon Disclosure Project. (s.d.). <https://www.cdp.net/en> (consulté le 18 novembre 2022).

Chen, G., Shan, Y., Hu, Y., Tong, K., Wiedmann, T., Ramaswami, A., Guan, D., Shi, L. et Wang, Y. (2019). Review on city-level carbon accounting, *Environmental Science & Technology*, 53, 5545-5548.

Chen, S. Q. et Chen, B. (2017). Changing urban carbon metabolism over time: historical trajectory and future pathway. *Environmental Science & Technology* 51, 7560–7571.

Chen, S. Q. et Chen, B. (2012). Network environ perspective for urban metabolism and carbon emissions: a case study of Vienna, Austria. *Environmental Science & Technology*, 46, 4498–4506.

CPH. (2012). *CPH 2025 Climate Plan: A Green, Smart and Carbon Neutral*. City

Copenhagen Carbon Neutral by 2025.
https://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/983_jkP0ekKMyD;pdf (consulté le 18 novembre 2022).

Dasgupta S., Lall S., Wheeler D. (2021). Urban CO² emissions. A global analysis with new satellite data. *Policy Research Working Paper n° WPS 9845*, Washington, D.C. : World Bank

Group.<http://documents.worldbank.org/curated/en/521581636558249596/Urban-CO2-Emissions-A-Global-Analysis-with-New-Satellite-Data> (consulté le 2 juillet 2023).

Dodman, D. (2009). Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Environment & Urbanization*, 21, 185–201. doi: 10.1177/0956247809103016.

Drozdz, W., Kinelski, G., Czarnecka, M.; Wojcik-Jurkiewicz, M., Marouškov, A. et Zych, G. (2021). Determinants of Decarbonization. How to Realize Sustainable and Low Carbon Cities? *Energies*, 14, 2640. doi.org/10.3390/en14092640.

Drysdale, D., Krog, L. et Mathiesen, B. (2020). Energy Vision Strategies for the EU Green New Deal: A Case Study of European Cities. *Energies*, 13, 2194. doi:10.3390/en13092194.

EIB. (2022). Methodologies for the assessment of Project GHG Emissions and Emissions Variations, Version 11.2. February. EIB Project Carbon Footprint Methodologies, https://www.eib.org/attachments/strategies/eib_project_carbon_footprint_methodologies_en.pdf (consulté le 18 novembre 2022).

Euro Cities. <https://eurocities.eu>, (consulté le 18 novembre 2022)

Fernandez-Brana, A., Feijoo, G. et Dias Ferreira, C. (2020). Turning waste management into a carbon neutral activity: Practical demonstration in a medium-sized European city, *Science of the Total Environment*, 728, doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138843.

Fröhlich, J. et Knieling, J. (2013). Conceptualising Climate Change Governance. In: Knieling, J., Leal Filho, W. (eds) *Climate Change Governance. Climate Change Management*. Springer, Berlin, Heidelberg.

Georgeson, L., Maslin, M., Poessinouw, M., et Howard, S. (2016). Adaptation responses to climate change differ between global megacities. *Nature Climate Changes*, 6, 584–588.

GIEC. (2022), *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2022*, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (consulté le 18 novembre 2022).

GPC. *Global Protocol for Community Greenhouse Gas Emissions Inventories*. <https://ghgprotocol.org/greenhouse-gas-protocol-accounting-reporting-standard-cities> (consulté le 18 novembre 2022).

Harris, S., Weinzettel, J., Bigano, A. et Kälminen, A. (2019). Low carbon cities in 2050? GHG emissions of European cities using production-based and consumption-based emission accounting methods, *Journal of Cleaner Production*, 248.

ICLEI. *Local Governments for Sustainability*, <https://www.iclei.org> (consulté le 18 novembre 2022).

IEA. (2012). *World Energy Outlook 2012*. Paris: International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2012> (consulté le 18 novembre 2022).

IIASA. (2012). *GEA 2012: Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future*. Cambridge University Press. http://assets.cambridge.org/97811070/05198/frontmatter/9781107005198_frontmatter.pdf (consulté le 19 novembre 2022).

IPPC. *Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/> (consulté le 19 novembre 2022).

Kern, K. et Alber, G. (2009). Governing Climate Change in Cities: Modes of Urban Climate Governance in Multi-Level Systems. In *International Conference on Competitive Cities and Climate Change*; OCED: Paris, France, pp. 171–196.

Kontokosta, C. E., Spiegel-Feld, D. et Papadopoulos, S. (2020). The impact of mandatory energy audits on building energy use. *National Energy*, 5, 309–316.

Levin, K. et Fransen, T. (2019). *Commentary: Climate Action for Today and Tomorrow: The Relationship between NDCs and LTSS*. World Resources Institute. <https://wriorg.s3.amazonaws.com/s3fs-public/wri-commentary-climate-action-today.pdf> (consulté le 19 novembre 2022).

Li, X., Yao, R., Yu W., Meng, X., Liu, M., Short, A. et Li, B. (2019). Low carbon heating and cooling of residential buildings in cities in the hot summer and cold winter zone - a bottom-up engineering stock modeling approach. *Journal of Cleaner Production*, 220, 271–288.

Liobikiene, G. et Butkus, M. (2017). The European Union possibilities to achieve targets of Europe 2020 and Paris agreement climate policy. *Renewable Energy*, 106, 298–309. doi: 10.1016/j.renene.2017.01.036.

Nolin, J. (2010), Sustainable information and information science, *Information Research*, 15 (2), paper 421, <http://www.informationr.net/ir/15-2/paper431.html> (consulté le 19 novembre 2022).

Ramaswami, A., Tong, K., Canadell, J. G., Jackson, R. B., Stokes, E., Dhakal, S., Finch, M., Jittrapirom, P., Sing, N., Yamagata, Y., Yewdall, E., Yona, L. et Seto, K. C. (2021). Carbon analytics for net-zero emissions sustainable cities. *Nature Sustainability*, 4, 460–463.

Reckien, D., Salvia, M., Heidrich, O., Church, J. M., Pietrapertosa, F., De Gregorio-Hurta S., D'Alonso V., Foley A., Simoës S. G., Lorencova E. K., Orru H., Orru K., Wejs

A., Flacke J., Olazabal M., Geneletti D., Fellu E., Vasilie S., ... et Dawson R., (2018). How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28. *Journal of Cleaner Production*, 191, 207-219. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.03.220.

Rogelj, J., Huppmann, D., Krey, V., Riahi, K., Clarke, L. et Gidden, M. (2019). A new scenario logic for the Paris Agreement long-term temperature goal. *Nature*, 573, 357-363.

Safarzynska K. et Van den Bergh J. (2018). A higher rebound effect under bounded rationality: interactions between car mobility and electricity Generation. *Energy Economics*, 74, 179-196. doi: 10.1016/j.eneco.2018.06.006.

Salvia, M., Reckien, D., Pietrapertosa, F., Eckersley, P., Spyridaki, N., Krook-Riekkola, A., ... et Heichrichah, O. (2021). Will climate mitigation ambitions lead to carbon neutrality? An analysis of the local-level plans of 327 cities in the EU. *Renewable Sustainable Energy Review*, 135:110253.

Sobrinho, V., Lagutov, V., et Baran, S. (2020). Green with savvy? Brazil's climate pledge to the Paris Agreement and its transition to the green economy. *Energy Climate Change*, 1, 100015.

Sun, Y., Zhang, X., Ren, G., Zwiers, F. W., et Hu, T. (2016). Contribution of urbanization to warming in China. *Nature Climate Change*, 6, 706-709.

Thiel, C., Nijs, W., Simoes, S., Schmidt, J., Van Zyl, A. et Schmid, E. (2016). The impact of the EU car CO₂ regulation on the energy system and the role of electro-mobility to achieve transport decarbonization. *Energy Policy*, 96, 153-166. doi: 10.1016/j.enpol.2016.05.043.

Tripathi, N., Hills, C. D., Singh, R. S. et Atkinson, C. J. (2019). Biomass waste utilization in low-carbon products: harnessing a major potential resource. *Climate and Atmospheric Science*, 2-35. doi: 10.1038/s41612-019-0093-5.

UNEP. (2020). *Emissions Gap Report 2020*. United Nations Environment Program. <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2020> (consulté le 19 novembre 2022).

Wei, T., Wu, J. et Chen, S. (2021). Keeping Track of Greenhouse Gas Emission Reduction Progress and Targets in 167 Cities Worldwide. *Frontiers of Sustainable Cities*, 3, 696381. doi: 10.3389/frsc.2021.

Weidner, T. et Yang, A. (2021). The potential of urban agriculture in combination with organic waste valorization: assessment of resource flows and emissions for two European cities. *Journal of Cleaner Production*, 244. doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118490.

Zhang, Y., Yan, D., Hu, S. et Guo S. (2019). Modelling of energy consumption and carbon

emission from the building construction sector in China, a process based LCA approach. *Energy Policy*, 134, 110949.

Zhou, S., Tong, Q., Pan, X., Cao, M., Wang, H., Gao, J., et Ou X. (2021). Research on low-carbon energy transformation of China necessary to achieve the Paris agreement goals: a global perspective. *Energy Economics* 95:105137. doi: 10.1016/j.eneco.2021.105137.