

« Réduction du carbone à l'échelle communautaire » : méthodes de quantification, caractéristiques des émissions et voies de mise en œuvre

LI Xiaojiang, LÜ Xiaobei, SHAO Ling, YU Miao, XIAO Yinghe, HU Jingjing, ZHOU You, SHI Shuai

Résumé. Dans le contexte des objectifs chinois de pic d'émissions et de neutralité carbone, la réduction des émissions est devenue une priorité nationale. Les villes, principaux lieux de consommation énergétique et d'émission, assument une responsabilité déterminante, mais les modalités d'une action efficace à l'échelle des communautés restent à préciser. Cet article propose un modèle de quantification du carbone des communautés urbaines fondé sur les comportements des habitants. Son application à cinq communautés situées à Shanghai, Shenzhen, Chongqing et Quzhou permet d'identifier leurs caractéristiques d'émission. Les résultats montrent que les facteurs socioéconomiques — niveau de revenu, comportements quotidiens et modes d'habiter — comme les facteurs physico-spatiaux — mixité fonctionnelle, technologies constructives et conception de l'implantation bâtie — exercent une influence significative sur les émissions. À partir de ces constats, l'étude propose plusieurs voies de réduction : amélioration du micro-environnement communautaire, diffusion de technologies constructives vertes adaptées, verdissement des mobilités, promotion de modes de vie et de consommation sobres en carbone, et renforcement de l'appui des politiques publiques.

Mots-clés : réduction du carbone à l'échelle communautaire ; émissions de carbone ; quantification du carbone ; renouvellement vert des communautés.

Classification de la Bibliothèque chinoise : TU984. Code du document : A. DOI : 10.16361/j.upf.202405006.

Numéro d'article : 1000-3363 (2024) 05-0040-07.

* Cet article présente l'un des principaux résultats du projet de recherche thématique sur les politiques spéciales (SPS) 2020-2021 du Conseil chinois pour la coopération internationale en matière d'environnement et de développement (CCICED), intitulé « Innovations technologiques vertes majeures et mécanismes de mise en œuvre (phase II) ». Le projet était codirigé par l'Académie chinoise de planification et de conception urbaines et le Forum économique mondial (WEF), avec la participation notamment de l'Institut de recherche sur les sciences du bâtiment de Shenzhen, de l'Agence fédérale allemande pour l'environnement (UBA) et du China Business Council for Sustainable Development. Les résultats ont été publiés conjointement en 2021 par le CCICED, le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE).

En septembre 2020, le président Xi Jinping a annoncé que la Chine atteindrait la neutralité carbone avant 2060, réaffirmant la volonté du pays de guider le développement vert par la civilisation écologique. Des recherches indiquent que le taux d'urbanisation pourrait avoisiner 74 % au moment du pic d'émissions [1]. Dans un contexte où l'urbanisation continue de progresser, le choix de la trajectoire vers ce pic est donc crucial. Les villes, qui concentrent les principales missions stratégiques de développement, constituent à la fois le levier décisif et un terrain d'expérimentation majeur du développement bas carbone [2-3]. Elles représentent environ 85 % de la consommation énergétique. L'expérience internationale montre qu'au-delà d'un PIB par habitant de 10 000 dollars, la consommation d'énergie tend à s'accroître (figure 1). La demande énergétique liée à la vie urbaine continuera de croître, tandis que la transition économique déplacera progressivement la consommation d'énergie du secteur productif vers la consommation quotidienne. Le niveau de consommation des ménages urbains chinois restant nettement inférieur à celui des pays développés européens et nord-américains, la croissance future de la demande entraînera encore des

consommations énergétiques et des émissions supplémentaires. Promouvoir, à partir des comportements des habitants, un renouvellement bas carbone des communautés — espaces à la fois sociaux et spatiaux — constitue donc un levier essentiel pour atteindre les objectifs climatiques dans les secteurs résidentiel et du bâtiment [4].

Lorsque l'analyse se déplace vers la réduction des émissions à l'échelle communautaire, on constate toutefois l'absence de consensus sur les instruments de mesure et les méthodes comptables. Dans le cadre du projet du CCICED « Renouvellement vert des communautés sous les objectifs de pic d'émissions et de neutralité carbone : innovations technologiques vertes majeures et mécanismes de mise en œuvre », les auteurs ont construit de façon systématique un modèle de comptabilité carbone pour les communautés urbaines, suivi les données d'émission de cinq cas typiques en Chine et analysé les facteurs qui influencent les émissions lors du renouvellement communautaire. L'objectif est d'identifier, à l'échelle locale, des stratégies et des technologies vertes ciblées, efficaces et abordables, afin de contribuer à la réalisation de qualité des engagements climatiques nationaux.

1 Importance de la réduction du carbone à l'échelle communautaire dans le cadre de la neutralité carbone

1.1 Une question déterminante pour la décarbonation urbaine et le renouvellement vert des communautés

Avec l'élévation des aspirations à une vie meilleure, les émissions des communautés risquent encore de croître. Le rapport du XIXe Congrès national du Parti communiste chinois a redéfini la contradiction principale de la société chinoise : elle ne réside plus entre « les besoins matériels et culturels croissants de la population et une production sociale arriérée », mais entre « le besoin croissant d'une vie meilleure et un développement déséquilibré et insuffisant ». Une vie meilleure implique davantage de biens, de consommation matérielle et d'énergie. Dans dix villes chinoises à niveau de consommation élevé — revenu disponible par habitant supérieur ou égal à 50 000 yuans —, la consommation énergétique quotidienne par habitant a été multipliée par deux ou trois au cours des vingt dernières années (figure 2). Sans intervention systémique, les consommations de ressources et d'énergie ainsi que les émissions des communautés urbaines pourraient fortement augmenter et devenir un obstacle majeur à l'atteinte des objectifs climatiques chinois.

Le renouvellement vert des communautés offre un champ d'application considérable. Depuis 2020, l'État considère la rénovation des anciens quartiers résidentiels comme un grand projet social et de développement [5]. Il vise, d'ici la fin du XIVe plan quinquennal, à achever pour l'essentiel la rénovation des quartiers urbains anciens construits avant la fin de l'année 2000 qui en ont besoin, soit environ 220 000 ensembles résidentiels. En juillet 2020, six administrations, dont le ministère du Logement et du Développement urbain-rural et la Commission nationale du développement et de la réforme, ont publié le Plan d'action pour la création de communautés vertes. Celui-ci préconise d'intégrer le développement vert à l'ensemble des activités de conception, construction, gestion et service, et d'améliorer les milieux de vie selon des principes de sobriété, de modération et de faible intensité carbone. À mesure que la stratégie nationale de neutralité carbone se déploiera, le renouvellement bas carbone des communautés bénéficiera d'un soutien public et financier accru ; il exige toutefois des travaux scientifiques plus robustes.

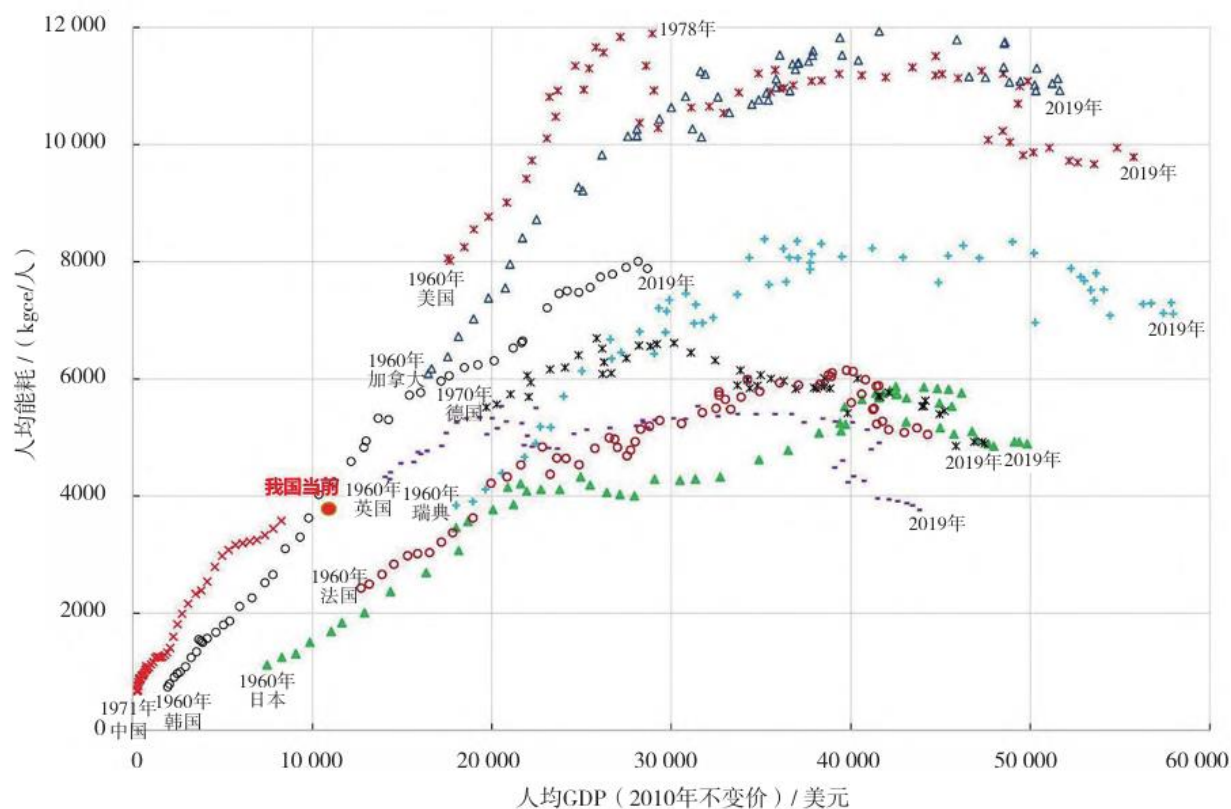


Figure 1. Relation entre la consommation totale d'énergie par habitant et le PIB par habitant dans plusieurs pays développés

Source : CCICED, projet « Renouveau vert des communautés sous les objectifs climatiques : innovations technologiques vertes majeures et mécanismes de mise en œuvre », 2021.

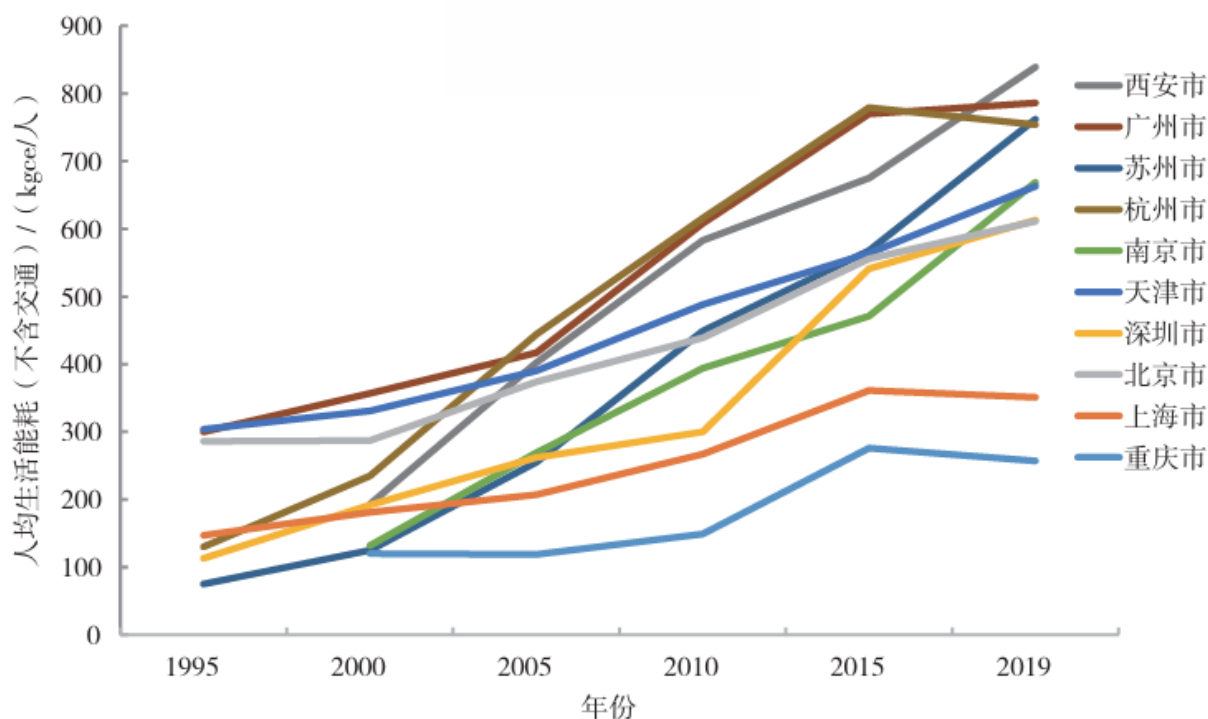


Figure 2. Évolution de la consommation énergétique quotidienne par habitant dans dix villes chinoises

Source : CCICED, projet « Renouvellement vert des communautés sous les objectifs climatiques : innovations technologiques vertes majeures et mécanismes de mise en œuvre », 2021.

1.2 Besoins de recherche et état d'avancement

1.2.1 Besoin d'une quantification précise des émissions communautaires

Sur la base des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, la Chine a élaboré et publié des guides d'inventaire aux échelles provinciale et urbaine. Ils couvrent cinq catégories — énergie, agriculture, utilisation des terres et foresterie, procédés industriels et utilisation des produits, et déchets — et reposent sur la consommation totale et les statistiques sectorielles. Pourtant, la communauté, bien qu'elle constitue une unité d'action importante face au changement climatique, ne dispose toujours pas d'un système unifié de quantification.

Les émissions communautaires comprennent généralement trois composantes : les émissions directes produites dans les limites géographiques de la communauté ; les émissions indirectes liées à la production et au transport de l'électricité, de la chaleur et d'autres énergies consommées localement ; enfin, les émissions mobiles issues des déplacements transfrontaliers et du traitement des déchets. Plusieurs modèles ont été proposés. Leurs indicateurs principaux portent sur la consommation d'énergie, les déplacements et les déchets [6]. Certaines études ajoutent la respiration humaine, la consommation alimentaire et vestimentaire, l'utilisation de l'eau [7] ou encore la compensation carbone assurée par les espaces verts publics [8]. En l'absence de normes comptables communes, la Chine ne dispose toutefois ni d'un système d'évaluation reconnu du niveau bas carbone des communautés ni de critères permettant d'en suivre l'évolution et la construction sur le long terme [9].

1.2.2 Besoin de stratégies différenciées sous l'influence de facteurs multiples

Les études sur les facteurs d'émission à l'échelle communautaire restent rares et portent souvent sur une seule ville ; leurs conclusions varient en fonction des différences locales. L'étude de Yang Xuanmei et al. [6] sur 1 000 ménages de Nankin montre que le nombre de résidents permanents, les déplacements et la surface du logement sont les trois déterminants majeurs des émissions des ménages. Celle de Zhu Xuemei et al. [10], consacrée à 2 045 ménages de Guangzhou, met en évidence des écarts significatifs selon le type de quartier résidentiel, le groupe de revenu et la superficie du logement. Il est donc nécessaire de comparer, au moyen de méthodes et de critères unifiés, des communautés de villes et de types différents, afin de révéler les causes internes des variations observées.

1.2.3 Besoin d'une orientation diversifiée des technologies vertes et des modes de vie bas carbone

Ces dernières années, les recherches chinoises sur les techniques de réduction du carbone à l'échelle de l'îlot urbain ont progressivement constitué des systèmes technologiques et des stratégies de mise en œuvre conciliant efficacité et faisabilité [11]. Les recherches communautaires en sont encore à leurs débuts. Elles suivent deux axes principaux. Le premier synthétise les expériences pionnières étrangères et recommande la construction de bâtiments économes, le recours aux énergies nouvelles et aux matériaux écologiques, l'optimisation des usages du sol, les mobilités vertes et la participation du public [12-13]. Le second résume les pratiques des communautés pilotes chinoises : gestion bas carbone, rénovation énergétique des bâtiments, infrastructures sobres, culture et modes de vie bas carbone, amélioration paysagère et habitabilité [14]. Ces approches relèvent globalement de deux domaines — technologies vertes et modes de vie sobres —, mais l'articulation entre expériences étrangères et pratiques nationales demeure limitée,

tandis que les projets pilotes chinois font encore rarement l'objet d'une évaluation de leurs effets réels. La scientificité et l'efficacité des stratégies doivent donc être davantage vérifiées.

Dans l'ensemble, la recherche chinoise sur la réduction communautaire reste embryonnaire et fragmentée entre quantification, caractéristiques des émissions, facteurs explicatifs et stratégies. Il est encore difficile d'en dégager une voie systématique et fiable de renouvellement. La présente étude part des comportements des habitants et calcule les émissions associées à la consommation énergétique, aux déplacements, à l'alimentation et à l'habillement, tout en déduisant la séquestration des espaces verts. Elle construit ainsi un modèle comptable à périmètre complet, analyse cinq communautés et met en évidence, par comparaison transversale, les relations entre émissions, facteurs sociaux et environnement bâti. Elle vise à fournir au renouvellement vert un appui essentiel en matière de technologies et de modes de vie.

1.3 Démarche de recherche sur le renouvellement vert des communautés urbaines

L'étude conduit une analyse empirique de la quantification, des caractéristiques et des facteurs d'émission depuis la perspective des habitants. Elle calcule d'abord les émissions liées aux usages énergétiques, aux déplacements et à la vie quotidienne — alimentation et habillement — puis soustrait la séquestration du carbone par les espaces verts afin de construire un modèle d'évaluation à périmètre complet. Cinq communautés typiques de quatre villes sont ensuite sélectionnées. Leurs structures d'émission sont analysées et comparées afin de révéler les relations internes entre émissions, facteurs sociaux et caractéristiques de l'environnement bâti. Cette démarche doit soutenir la sélection de technologies vertes et l'orientation des modes de vie lors du renouvellement communautaire.

2 Construction d'un modèle comptable des émissions communautaires fondé sur les comportements des habitants

2.1 Quatre dimensions de quantification

Le choix des dimensions s'appuie à la fois sur les recherches existantes et sur la disponibilité des données d'activité recueillies sur le terrain. Quatre dimensions sont retenues : énergie consommée dans la communauté, déplacements des habitants, vie quotidienne liée à l'alimentation et à l'habillement, et séquestration par la végétation. La première comptabilise les émissions produites durant la production et le transport des principales énergies consommées localement. La deuxième couvre les émissions de tous les déplacements des résidents, même lorsqu'ils se déroulent au-delà du quartier. La troisième estime les émissions sur l'ensemble du cycle de traitement des déchets et de consommation alimentaire. La quatrième calcule l'absorption du carbone par les espaces verts.

2.2 Construction du modèle et choix des paramètres

Le modèle est construit à partir des méthodes de comptabilité carbone existantes, adapté aux données disponibles à l'échelle communautaire et corrigé au moyen de paramètres issus de la littérature. L'équation générale est la suivante :

$$E = E_e + E_m + E_l - E_g$$

E désigne les émissions totales de la communauté ; E_e les émissions liées à l'énergie ; E_m celles des déplacements ; E_l celles de la vie quotidienne liée à l'alimentation et à l'habillement ; E_g la séquestration totale par la végétation.

2.2.1 Calcul des émissions liées à l'énergie communautaire

Les émissions énergétiques totales (E_e) comprennent les émissions sur l'ensemble du cycle de production, de transport et d'utilisation de trois ressources principales : électricité, gaz et eau.

$$E_e = E_{\text{électricité}} + E_{\text{gaz}} + E_{\text{eau}}$$

$$E_{\text{électricité}} = Q_{\text{électricité}} \times f_{\text{électricité}}$$

$$E_{\text{gaz}} = Q_{\text{gaz}} \times f_{\text{gaz}}$$

$$E_{\text{eau}} = Q_{\text{eau}} \times f_{\text{eau}}$$

Q représente la consommation totale de chaque ressource et f son facteur d'émission. Le facteur du gaz est fixé à 2,2 kg/m³ [15] et celui de l'eau à 0,3 kg/t [16]. Les facteurs d'émission des réseaux électriques variant fortement d'une région à l'autre, le calcul retient le facteur du réseau auquel appartient chaque communauté^①.

2.2.2 Calcul des émissions des déplacements

Les émissions totales des déplacements (E_m) correspondent à la somme des émissions de chaque trajet individuel dont le point d'origine ou de destination se situe dans la communauté.

$$E_m = \sum_k A_k \cdot L_k \cdot GHG_k$$

A_k est la fréquence des déplacements effectués avec le mode k ; L_k leur distance ; ces données sont obtenues par enquête auprès des habitants et par données de signalisation mobile. GHG_k est le facteur d'émission du mode k (tableau 1).

Tableau 1. Facteurs d'émission des différents modes de transport

Mode de transport	Étude de Pékin	Étude de Guangzhou	Étude du trafic routier de Shenzhen	Étude des déplacements domicile-travail de Shanghai
Voiture particulière	0,2500	0,2331	0,240	0,1630
Transport ferroviaire	0,0286	0,0209	0,026	0,0073
Autobus conventionnel	0,0540	0,0260	—	0,0213
Vélo	0,0072	—	—	0,0153
Camion	—	—	0,388	—
Navette	—	0,0203	—	0,0266

Unité : kg CO₂/(personne·km). Source : CCICED, projet « Innovations technologiques vertes majeures et mécanismes de mise en œuvre ».

2.2.3 Calcul des émissions liées à l'alimentation, à l'habillement et à la vie quotidienne

Les émissions correspondantes (E_l) comprennent principalement les émissions sur l'ensemble du cycle de traitement des déchets solides et des eaux usées, ainsi que celles de la consommation alimentaire.

$$E_l = E_{\text{déchets solides}} + E_{\text{eaux usées}} + E_{\text{alimentation}}$$

$$E_{\text{déchets solides}} = W_{\text{déchets solides}} \times f_{\text{déchets solides}}$$

$$E_{\text{eaux usées}} = W_{\text{eaux usées}} \times f_{\text{eaux usées}}$$

$$E_{\text{alimentation}} = P \times f_{\text{alimentation}}$$

Wdéchets solides et Weaux usées représentent les volumes produits ; fdéchets solides et feaux usées sont leurs facteurs d'émission. Le facteur des déchets est fixé à la valeur locale ; dans les territoires pratiquant le tri, une référence européenne et nord-américaine de 0,62 kg/kg est utilisée. Le facteur de traitement des eaux usées est de $6,7 \times 10^{-4}$ kg/kg [4]. P représente la densité de population et falimentation les émissions annuelles moyennes de la consommation alimentaire par habitant, soit 62,8 kg/(personne-an) [3].

2.2.4 Calcul de la séquestration par la végétation

La séquestration totale par la végétation (E_g) correspond principalement à l'absorption de carbone par les espaces verts de taille significative.

$$E_g = O \times T \times S$$

O est le taux d'absorption de CO_2 des espaces verts, fixé à 62 g/($\text{m}^2 \cdot \text{jour}$) [17] ; T le nombre de jours annuels favorables à la photosynthèse dans chaque ville ; S la superficie des espaces verts.

3 Étude empirique et analyse des caractéristiques des émissions communautaires

3.1 Sélection des communautés selon des facteurs sociaux et physiques

3.1.1 Sélection de cas diversifiés

La sélection tient compte à la fois des conditions sociales et des conditions physiques. Les facteurs d'émission peuvent être regroupés en deux grandes catégories. Les facteurs sociaux comprennent le niveau économique, la structure familiale et le mode d'habiter ; les facteurs physiques incluent la localisation, l'implantation bâtie, la qualité des constructions et l'usage de technologies vertes. Afin d'examiner plusieurs configurations, cinq communautés situées dans quatre villes sont retenues : Shibojia Yuan et Jingjiang Yuan à Shanghai, Heyi à Shenzhen, Dongtang à Jiangshan dans la ville de Quzhou, et Hongyupo à Chongqing.

3.1.2 Conditions socioéconomiques et physico-spatiales des communautés

Les cinq cas présentent des conditions matérielles et sociales nettement différenciées (tableau 2). Shibojia Yuan et Jingjiang Yuan, à Shanghai, sont deux communautés urbaines résidentielles standards, proches l'une de l'autre et situées à environ 15 km du centre, avec transport ferroviaire et cercle de vie complet. Leurs ménages sont principalement des familles nucléaires. Leur principale différence tient aux technologies constructives : les logements de Shibojia Yuan utilisent des murs isolants et des fenêtres à double vitrage.

Heyi, à Shenzhen, est une communauté locative récente issue d'un village urbain voisin d'une zone industrielle. Elle accueille surtout de jeunes ouvriers, avec une faible surface résidentielle par personne et peu de services publics. Dongtang, à Jiangshan, est une communauté ancienne à propriété privée et à faibles revenus ; ses habitants présentent les niveaux d'éducation et de revenu les plus bas. Elle jouxte les équipements du centre-ville, mais la qualité bâtie et les infrastructures municipales sont médiocres. Hongyupo, à Chongqing, est une ancienne communauté de cour d'unité de travail fortement vieillissante, située dans le centre urbain et bien desservie par le rail, mais dotée d'un environnement public et d'équipements de faible qualité.

Tableau 2. Conditions économiques, sociales, physiques et spatiales des communautés étudiées

Indicateur	Shibojia Yuan	Jingjiang Yuan	Heyi	Dongtang	Hongyupo
------------	---------------	----------------	------	----------	----------

Indicateur	Shibojia Yuan	Jingjiang Yuan	Heyi	Dongtang	Hongyupo
Type	Communauté urbaine standard avec technologies bas carbone	Communauté urbaine standard sans technologies bas carbone	Jeune communauté locative de village urbain	Ancienne communauté à faibles revenus	Communauté vieillissante de cour d'unité de travail
Localisation	Bourg de Pujiang, district de Minhang, Shanghai	Bourg de Pujiang, district de Minhang, Shanghai	Sous-district de Shajing, district de Bao'an, Shenzhen	Cœur de l'ancienne ville de Jiangshan	District de Jiulongpo, Chongqing
Période de construction	2006	2004	2010	Années 1990	Années 1970-1980
Nombre d'habitants	10 119	6 268	Environ 9 000	1 734	Environ 16 000
Niveau de revenu	Moyen-supérieur	Moyen	Relativement faible	Relativement faible	Moyen
Structure des ménages	Familles nucléaires	Familles nucléaires	Locataires seuls ou à deux	Familles nucléaires	Familles-souches
Part des 60 ans et plus	35 %	22 %	1 %	13 %	60 %
Part de logements loués	20 %	29 %	98 %	0 %	60 %
Régime de propriété	Logements commerciaux	Logements commerciaux	Propriété collective rurale	Propriété privée	Mixte : propriété privée et logements commerciaux
Conditions de localisation	À 15 km du centre-ville	À 15 km du centre-ville	À proximité immédiate d'une zone industrielle	Centre-ville	Centre commercial traditionnel de la ville
Espaces verts publics	Parc central et espaces verts entre groupes bâtis	Parc central et espaces verts entre groupes bâtis	Aucun parc ou espace vert	Espaces verts dispersés	Espaces verts entre groupes bâtis

Indicateur	Shibojia Yuan	Jingjiang Yuan	Heyi	Dongtang	Hongyupo
Hauteur des bâtiments	Bâtiments collectifs moyens et petits immeubles de grande hauteur	Bâtiments collectifs moyens	Bâtiments collectifs moyens	Bâtiments bas	Principalement petits immeubles de grande hauteur, quelques bâtiments moyens
Qualité des bâtiments	Bonne	Bonne	Bonne	Faible	Faible
Technologies bas carbone	Oui	Non	Non	Non	Non

3.2 Quantification et analyse des émissions liées à la vie quotidienne

3.2.1 Collecte des données et méthode de calcul

La collecte des données peut suivre une démarche descendante ou ascendante. La présente étude adopte surtout une méthode ascendante par échantillonnage. Elle recueille, pour l'année 2020, la consommation mensuelle moyenne d'électricité, d'eau et de gaz des ménages dans les cinq communautés. La fréquence et la distance des déplacements sont obtenues par données de signalisation mobile ; les modes sont estimés à partir de recherches sur leur part modale selon les distances dominantes. Les données sur les déchets solides et la consommation alimentaire sont fournies par les communautés et les gestionnaires immobiliers. Le modèle calcule ensuite, pour chaque cas, les émissions annuelles par habitant, les émissions par unité de surface résidentielle et la structure des quatre dimensions.

3.2.2 Niveau et structure des émissions

Les cinq cas présentent des différences marquées de niveau et de structure, avec trois classes d'émission et deux grands profils (figure 3). Les deux communautés de Shanghai affichent des émissions par habitant élevées, environ deux fois supérieures à celles des autres. Hongyupo se situe à un niveau intermédiaire ; Heyi et Dongtang sont à faible émission. L'écart entre les trois classes provient d'abord des usages énergétiques, puis des déplacements. Dans les deux cas de Shanghai, les émissions énergétiques sont trois à quatre fois plus élevées que dans les autres communautés, et celles des déplacements sont également sensiblement supérieures. Pour la vie quotidienne, le calcul se concentre surtout sur le traitement des déchets ; le tri sélectif réduit les émissions à Shanghai. Les deux communautés de Shanghai et Hongyupo disposent de quelques espaces verts concentrés, mais leur surface reste limitée et la séquestration faible.

Les émissions par unité de surface résidentielle se répartissent également en trois niveaux (figure 4). Les deux communautés de Shanghai et Hongyupo présentent des valeurs proches ; Heyi, très dense, affiche un niveau nettement plus élevé ; Dongtang, ancienne communauté à faibles revenus, se situe clairement en dessous des autres.

Du point de vue structurel, les communautés se divisent en deux profils : domination de l'énergie communautaire ou domination de la vie quotidienne. À Shanghai et à Hongyupo, l'énergie représente environ 40 à 55 % des émissions, les déplacements 20 à 30 %, et l'alimentation, l'habillement et la vie quotidienne 20 à 40 %. À Heyi et Dongtang, cette dernière catégorie domine avec 50 à 65 %, tandis que

l'énergie n'en représente qu'environ 30 % et les déplacements la part la plus faible ; à Dongtang, ceux-ci comptent pour moins de 5 %. Dans les cinq cas, la séquestration végétale demeure faible et modifie peu la structure globale ; son effet relatif est légèrement plus important à Hongyupo, où les émissions totales sont moindres.

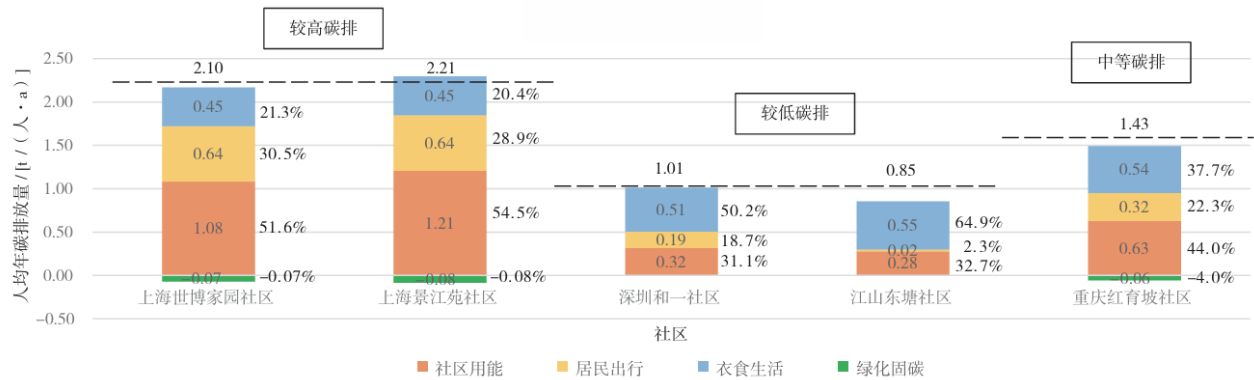


Figure 3. Structure des émissions annuelles de carbone par habitant dans les communautés étudiées

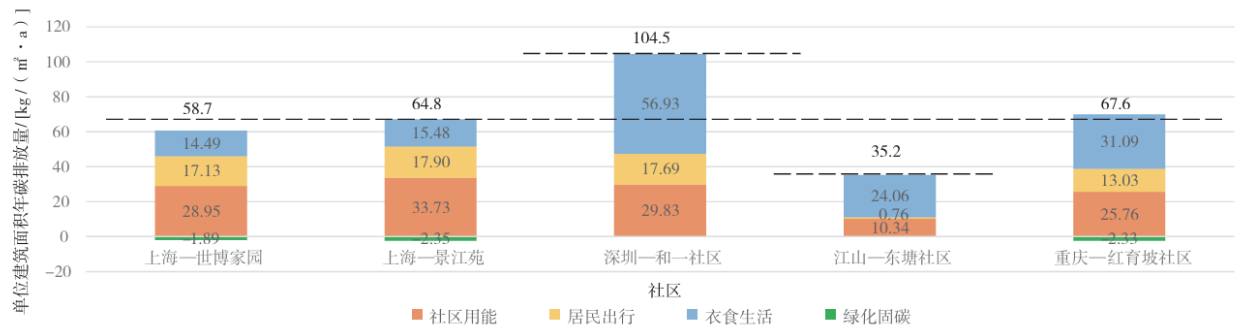


Figure 4. Structure des émissions annuelles de carbone par unité de surface résidentielle dans les communautés étudiées

3.3 Facteurs explicatifs dans les cinq communautés

3.3.1 Facteurs sociaux

Dans les conditions économiques actuelles, plus le revenu des habitants est élevé, plus les émissions par habitant sont importantes. Les travaux existants décrivent une relation en U inversé entre croissance économique et émissions [18-19], avec un point d'inflexion situé autour de 100 000 à 180 000 yuans de PIB par habitant [13, 20-21]. Avant ce seuil, les émissions des ménages augmentent avec le PIB. Toutes les communautés étudiées se situent en deçà ; les besoins de consommation continuent donc de croître avec le revenu. Shibojia Yuan et Jingjiang Yuan présentent les revenus les plus élevés, une grande surface de logement par personne, un usage plus fréquent des appareils ménagers, davantage de voitures et une mobilité motorisée plus forte, ce qui accroît les émissions. À Dongtang, le niveau économique de la ville est plus faible ; à Heyi, la majorité des locataires sont des ouvriers des usines électroniques voisines. Leurs revenus et leur consommation plus faibles se traduisent par des émissions par habitant réduites.

Les comportements quotidiens ont un effet significatif. La structure par âge, le modèle familial et la part de location modifient les habitudes d'usage de l'énergie. Hongyupo est une communauté vieillissante où les comportements sont relativement sobres, d'où un niveau d'émission modéré. À Heyi, la location domine et

les résidents quittent tôt leur logement pour rentrer tard ; la consommation énergétique locale reste faible. Même à l'intérieur d'une communauté, les différences sont notables : à Shibojia Yuan, les personnes âgées, plus sensibles aux économies d'énergie, consomment environ 15 % de moins que les ménages ordinaires.

Le mode d'habiter influence fortement les émissions par unité de surface. Shibojia Yuan, Jingjiang Yuan et Hongyupo sont des quartiers résidentiels classiques ou d'anciennes cours d'unités de travail, majoritairement occupés par des familles. Malgré des intensités énergétiques et des déplacements différents, leurs émissions par mètre carré sont proches. Heyi, village urbain à très forte densité et très forte location, offre une surface par habitant inférieure au tiers de celle de Shanghai ; même si chaque locataire consomme peu, les émissions par surface dépassent nettement celles des autres. À Dongtang, les réseaux sont peu développés et les habitants recourent davantage à l'eau naturelle et à la ventilation naturelle ; les émissions par surface n'atteignent qu'environ la moitié de celles d'un quartier résidentiel ordinaire. L'influence du mode d'habiter reste néanmoins complexe, car elle inclut la composition de la population et le degré de mixité des usages.

3.3.2 Facteurs physiques

Une plus forte mixité fonctionnelle autour de la communauté favorise la réduction des émissions. L'équilibre emploi-logement à courte distance raccourcit considérablement les déplacements. Heyi jouxte une zone industrielle et bénéficie d'un équilibre relatif : 75 % des habitants se déplacent à moins de 3 km, principalement à pied ou en deux-roues électrique. Hongyupo et Dongtang sont situées dans les centres urbains, bien équipées et bien desservies, avec des distances courtes et une faible part des émissions de mobilité. À l'inverse, les deux communautés de Shanghai se trouvent en périphérie, où l'offre d'emplois est inférieure à l'offre de logements ; les temps et distances de trajet y sont beaucoup plus élevés, avec une distance moyenne supérieure à 10 km et la part d'émissions de déplacement la plus forte. Un meilleur équilibre emploi-logement peut donc réduire substantiellement les émissions totales.

Les technologies d'efficacité énergétique des bâtiments produisent des réductions évidentes, mais leur coût et leur maintenance doivent être pris en compte. À localisation et structure démographique similaires, Shibojia Yuan consomme moins d'énergie par habitant que Jingjiang Yuan grâce à ses technologies vertes. Cependant, le manque de maturité de certaines solutions impose des réparations périodiques des façades et des toitures, ce qui entraîne des coûts d'entretien élevés. La maturité technologique et les charges futures doivent donc entrer dans le choix des solutions.

L'implantation et la conception architecturales influencent également les émissions. Des études [22-23] montrent que la disposition, la densité et la hauteur des bâtiments agissent sur les consommations résidentielles. Une conception scientifique améliore le confort, réduit les besoins d'éclairage et de régulation thermique et diminue ainsi les usages énergétiques. Dans les communautés de Shanghai, la consommation électrique par habitant des immeubles de grande hauteur est 1,3 fois celle des bâtiments collectifs moyens.

La séquestration directe des espaces verts reste limitée, mais leur influence indirecte sur le microclimat et les modes de vie est importante. Des espaces verts bien disposés et associés à des équipements publics de qualité attirent davantage d'activités extérieures et réduisent les consommations à l'intérieur des logements. Le parc central et la place de Shibojia Yuan sont ainsi des lieux d'activité réguliers pour les personnes âgées et les enfants.

4 Voies de réduction du carbone dans les communautés urbaines

Les expériences nationales et internationales montrent que la réduction repose principalement sur l'application de technologies vertes et bas carbone et sur la diffusion de modes de vie verts (figure 5). Les

technologies interviennent dans l’espace physique, les équipements et les outils pour améliorer l’efficacité énergétique et la part des énergies vertes. La réduction liée à l’énergie comprend l’amélioration du microclimat, la rénovation des bâtiments verts et l’utilisation des énergies renouvelables ; celle des déplacements, l’optimisation de l’organisation des transports et le recours à des modes faiblement émetteurs ; celle de la vie quotidienne, les systèmes intelligents d’économie d’énergie et le tri des déchets ; la séquestration végétale, l’extension des espaces verts et la plantation d’espèces à fort potentiel de puits de carbone.

Les modes de vie verts réduisent les émissions en transformant les comportements. Ils encouragent une moindre utilisation des appareils, un contact accru avec la nature pour limiter les consommations des bâtiments, les transports publics, le partage de véhicules et le télétravail pour réduire la mobilité, ainsi que l’économie de ressources et une alimentation bas carbone pour diminuer les émissions de consommation. Les technologies offrent un potentiel plus important et plus stable ; les modes de vie nécessitent un accompagnement renforcé par la conception institutionnelle.

En combinant les enquêtes sur les préférences des habitants et les expériences de renouvellement vert, et en tenant compte du potentiel de chaque communauté, l’étude propose des mesures dans quatre domaines — planification spatiale, technologies du bâtiment, déplacements et consommation — ainsi qu’un soutien transversal des politiques publiques.

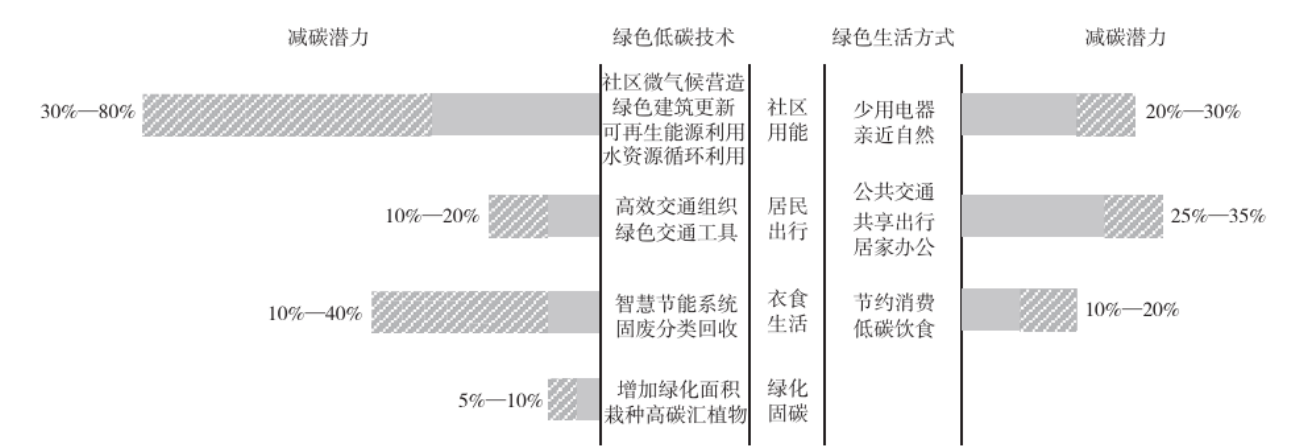


Figure 5. Potentiel de réduction du carbone des différentes mesures communautaires

4.1 Améliorer le micro-environnement communautaire

La forme de la communauté influence les comportements énergétiques et, en définitive, les émissions globales. Plusieurs orientations sont prioritaires. Premièrement, adopter des formes bâties de hauteur moyenne et de densité moyenne [24], qui équilibrent densité résidentielle et qualité du milieu tout en réduisant les coûts et les consommations sur le cycle de vie. Deuxièmement, privilégier de petits îlots et un réseau viaire dense afin d’améliorer la connectivité, de multiplier les interfaces publiques, de créer un environnement piétonnier confortable et pratique, et de diminuer l’usage de l’automobile. Troisièmement, organiser les services selon une logique de développement orienté vers les transports collectifs (TOD) et proposer plusieurs modes de rabattement verts. Quatrièmement, réguler le microclimat au moyen de plans d’eau, d’arbres, de végétalisation verticale et d’autres dispositifs paysagers écologiques.

4.2 Diffuser les technologies constructives vertes

Le bâtiment constitue un levier central de réduction des consommations. Premièrement, il faut diminuer les émissions sur tout le cycle de construction et d'exploitation : privilégier des matériaux locaux à faible carbone, non polluants et peu énergivores, ainsi que des matériaux certifiés ; accroître la construction et l'aménagement préfabriqués ; rénover l'efficacité énergétique par le remplacement des portes et fenêtres, l'ajout de protections solaires et de couches isolantes, et l'utilisation de revêtements clairs.

Deuxièmement, il convient de promouvoir les appareils et équipements économes et les énergies distribuées. Le renouvellement peut réutiliser les terrains vacants pour créer des stations énergétiques complémentaires, intégrer énergies conventionnelles, production distribuée et stockage, et appliquer des systèmes multi-énergies. La gestion intelligente doit assurer un équilibre en temps réel entre l'offre et la demande.

Troisièmement, il faut développer la végétalisation tridimensionnelle des bâtiments : toitures, rez-de-chaussée sur pilotis, balcons, appuis de fenêtre, façades et autres surfaces peuvent être transformés, en intégrant la structure constructive, les systèmes de maintenance et la sélection des plantes.

4.3 Transformer les modes de déplacement

La réduction dans les transports repose sur l'orientation des choix modaux et la transformation des sources d'énergie. Les véhicules à énergie nouvelle ne représentaient que 3,23 % du parc national [25] ; la transition énergétique ne peut donc jouer immédiatement le rôle principal. À court terme, la priorité est d'augmenter la part des modes verts et de réduire le nombre et la distance des déplacements par une organisation spatiale efficace. À long terme, il faudra optimiser la structure énergétique des transports.

Premièrement, améliorer la qualité de la marche et du vélo. Il faut renforcer leur commodité et leur confort, assurer des liaisons fluides et sûres entre le domicile et les stations par les passerelles urbaines, les bâtiments publics et l'ouverture d'espaces, et créer selon le relief et le climat des circulations verticales, galeries couvertes et cheminements continus protégés des intempéries.

Deuxièmement, optimiser le rabattement vers les autobus et le rail. Des voies réservées aux modes actifs, de nouvelles ouvertures dans les ensembles résidentiels et davantage d'arrêts et d'entrées de stations peuvent renforcer l'attractivité du transport collectif. Des navettes communautaires aux heures de pointe peuvent résoudre les difficultés de connexion et améliorer la couverture effective.

Troisièmement, affiner la gestion de la mobilité partagée. Le nombre et l'échelle des véhicules partagés doivent être configurés scientifiquement selon la demande afin d'en accroître le taux d'utilisation.

4.4 Optimiser les modes de vie et de consommation

La transformation des modes de vie et de consommation est l'un des moyens les plus durables de réduire les émissions. Sa diffusion doit commencer tôt afin d'améliorer l'acceptation sociale et de généraliser les économies d'eau, le tri des déchets et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

Cette orientation comprend trois dimensions. La première est la consommation bas carbone : réduire l'intensité carbone des produits et des processus, choisir des biens économes, peu émetteurs et durables, ainsi que des mobilités vertes et une alimentation sobre. La deuxième est la réduction des usages : diminuer la fréquence et l'intensité d'utilisation des appareils ménagers, des véhicules et d'autres équipements. La troisième est le raccourcissement de la chaîne carbone : modifier les lieux et les modes de travail, d'étude et de vie pour réduire les émissions des déplacements domicile-travail.

4.5 Renforcer l'appui des politiques publiques

Le soutien politique concerne l'énergie, le bâtiment, les ménages et les individus, les transports et les services municipaux. Dans le domaine énergétique, il faut renforcer les mécanismes de prix, élargir les écarts tarifaires entre heures pleines et heures creuses, subventionner technologies et produits économes et dynamiser le marché de la production distribuée.

Dans le bâtiment, il convient de mettre en place des méthodes et des systèmes de gouvernance permettant de suivre et d'évaluer tout le cycle de vie — conception, construction, exploitation et démolition — et de développer une gestion intégrale des bâtiments verts. Des incitations à la réduction pour les ménages ou les individus peuvent être créées : les ménages atteignant d'excellents niveaux de performance pourraient bénéficier de déductions fiscales spécifiques ; ceux dont la consommation est très élevée pourraient demander des aides à la rénovation énergétique, assorties d'un suivi.

Dans les transports, les mesures peuvent inclure des points ou crédits de mobilité bas carbone, des subventions au retrait des véhicules anciens, des avantages pour les véhicules et navires faiblement émetteurs, ainsi que des zones pilotes urbaines à faibles émissions.

Dans les services municipaux, la réforme de la tarification de l'eau et la tarification progressive doivent favoriser l'économie et l'efficacité. La gestion de l'eau et de l'énergie des systèmes d'approvisionnement et d'assainissement doit être coordonnée aux échelles urbaine et communautaire. Une gestion intelligente différenciée des eaux potables, pluviales et recyclées peut améliorer l'efficacité systémique, réduire les consommations et les émissions.

Enfin, il faut perfectionner le contrôle du tri des déchets, mettre en place des récompenses et sanctions pour améliorer la qualité du tri, réformer la tarification du traitement pour favoriser la réduction à la source et accélérer la construction d'une filière des matières recyclables. L'introduction de mécanismes de marché et la participation du capital social doivent accroître le recyclage et réduire les déchets résiduels en fin de chaîne.

5 Conclusion

La communauté est le principal lieu de la vie et de l'habitat urbains. Concilier l'amélioration de la qualité de vie avec les objectifs climatiques constitue un enjeu majeur du renouvellement. Sans intervention précoce par les technologies vertes et les modes de vie sobres, la décarbonation communautaire restera durablement une difficulté centrale de la construction urbaine et rurale.

À partir de ce constat, l'étude met l'accent sur l'application concrète des technologies vertes, tient compte des facteurs socioéconomiques et physico-spatiaux et sélectionne cinq communautés dans quatre villes pour mesurer de façon quantitative leurs émissions, identifier les tendances futures et les difficultés de décarbonation. Elle aboutit à quatre résultats principaux : ① un modèle comptable adapté à l'accès aux données et au suivi de long terme ; ② l'identification de facteurs influençant les émissions comportementales des habitants ; ③ des recommandations techniques applicables aux bâtiments, à l'énergie, aux transports et aux services municipaux ; ④ des moyens concrets d'orienter les habitants vers des modes de vie verts. Ces résultats peuvent servir de référence au renouvellement et à la construction bas carbone des communautés chinoises, tant pour la mesure des émissions que pour l'application des technologies vertes.

Les auteurs remercient sincèrement le Centre d'information académique ainsi que les antennes de Shanghai, de l'Ouest, de Shenzhen et des transports de l'Académie chinoise de planification et de conception urbaines, son Institut d'écologie et d'ingénierie municipale, l'Institut de recherche sur les sciences du

bâtiment de Shenzhen et l'ensemble des participants au projet pour leurs idées, leurs données, leur soutien technique et leur aide à la recherche.

Note

① La valeur précise du facteur d'émission de l'électricité est issue des Facteurs d'émission de référence des réseaux électriques régionaux chinois pour les projets de réduction des émissions en 2019, publiés par le ministère de l'Écologie et de l'Environnement.

Références

- [1] HE Zhen, WU Zhiqiang, WANG Ziqi, et al. Trajectoires vers le pic d'émissions et urbanisation intelligente [J]. Urban Planning Forum, 2021(6) : 37-44.
- [2] ZHENG Degao, WU Hao, LIN Chenhui, et al. Construction d'unités urbaines de réduction du carbone et intégration des techniques de planification fondées sur la comptabilité carbone [J]. Urban Planning Forum, 2021(4) : 43-50.
- [3] QIU Baoxing. Planification des trajectoires de réduction du carbone dans trois grands domaines urbains [J]. Urban Planning Forum, 2022(5) : 37-44.
- [4] YU Xiangyu, HE Jingyang, ZHU Dan, et al. Voies et pratiques du renouvellement bas carbone des communautés existantes : sept cas à Shanghai [J]. Urban Planning Forum, 2022(4) : 111-119.
- [5] COMITÉ CENTRAL DU PARTI COMMUNISTE CHINOIS ; CONSEIL DES AFFAIRES D'ÉTAT. Orientations du Bureau général du Conseil des affaires d'État pour promouvoir intégralement la rénovation des anciens quartiers urbains [R], 2020.
- [6] YANG Xuanmei, GE Yousong, ZENG Hongying. Émissions de carbone des ménages fondées sur les comportements individuels de consommation [J]. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(5) : 35-40.
- [7] LI Yang. Évaluation carbone de l'environnement bâti de la communauté Overseas Chinese Town à Shenzhen [D]. Harbin Institute of Technology, 2013.
- [8] CHEN Sha, LI Yipei, CHENG Liping, et al. Étude des émissions de carbone des communautés de Pékin fondée sur l'analyse du cycle de vie [J]. China Population, Resources and Environment, 2013, 23(S2) : 5-9.
- [9] FU Lin, ZHANG Dongyu, YANG Xiu. Système d'indicateurs d'évaluation des communautés bas carbone [J]. Environmental Protection, 2019, 47(15) : 39-46.
- [10] ZHU Xuemei, JIANG Haiyan, XIAO Rongbo, et al. Caractéristiques des émissions des quartiers résidentiels de Guangzhou et implications pour les communautés bas carbone [J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(S1) : 19-23.
- [11] WU Hao, LIN Chenhui, CHEN Yang, et al. Cadre technologique et stratégie de mise en œuvre pour la réduction du carbone à l'échelle de l'îlot selon une gestion du cycle complet : cas du parc industriel numérique Jianghai à Shanghai [J]. Urban Planning Forum, 2022(S2) : 59-65.
- [12] YE Changdong, ZHOU Chunshan. Cadre et formes de construction des communautés bas carbone [J]. Modern Urban Research, 2010, 25(8) : 30-33.
- [13] GAO Yinxia, WANG Jinliang, HE Maoheng. Réflexions sur la construction de communautés bas carbone [J]. Environment and Sustainable Development, 2010, 35(3) : 40-43.
- [14] FU Lin, YANG Xiu, DI Zhou. Pratiques, expériences, défis et recommandations des projets pilotes chinois de communautés bas carbone [J]. Environmental Protection, 2020, 48(22) : 62-66.

- [15] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [R]. Japon : Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006.
- [16] LUO Tingwen. Caractéristiques et facteurs des émissions de carbone et d'azote liées à la consommation des ménages urbains de Pékin [R]. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, 2007.
- [17] WANG Juan, LIN Yinding. Effets écologiques des espaces verts urbains [J]. Grassland and Turf, 2004(4) : 24-27.
- [18] ZHU Huan, ZHENG Jie, ZHAO Qiuyun, et al. Croissance économique, transition de la structure énergétique et émissions de dioxyde de carbone : analyse empirique sur données de panel [J]. Research on Economics and Management, 2020, 41(11) : 19-34.
- [19] SONG Tao, ZHENG Tingguo, TONG Lianjun. Analyse théorique et test économétrique de la relation entre pollution environnementale et croissance économique [J]. Scientia Geographica Sinica, 2007(2) : 156-162.
- [20] FANG Zhong, ZHANG Huarong. Groupement provincial par seuil et test d'hétérogénéité de la courbe environnementale de Kuznets des émissions chinoises [J]. Review of Economic Research, 2019(21) : 89-98.
- [21] JIANG Ya. Relations interactives entre croissance économique, consommation énergétique et émissions de carbone en Chine : analyse empirique fondée sur les données de lumière nocturne DMSP/OLS [J]. Journal of Graduate Students, Zhongnan University of Economics and Law, 2017(6) : 27-35.
- [22] SHANG Chuan. Influence de la morphologie urbaine à l'échelle de l'îlot sur la consommation énergétique des ensembles bâtis, fondée sur la simulation logicielle [D]. Southeast University, 2019.
- [23] DIAO Zhe. Influence de la disposition bâtie des îlots anciens de Harbin sur la consommation énergétique des bâtiments [D]. Harbin Institute of Technology, 2018.
- [24] SUN Juan. Système intégré de méthodes de planification pour la réduction du carbone à l'échelle de l'îlot urbain [J]. Urban Planning Forum, 2022(6) : 102-109.
- [25] SITE DU GOUVERNEMENT CHINOIS. Le parc national de véhicules à énergie nouvelle dépasse dix millions d'unités [EB/OL]. 2022-07-06. http://www.gov.cn/xinwen/2022-07/06/content_5699597.htm.

Version révisée : juillet 2024

Traduction assistée par IA