

Villes et enjeux énergétiques

Elle concentre deux secteurs gourmands en énergie – transports et bâtiments – aux émissions de gaz à effet de serre en croissance et son extension continue induit à la fois des évolutions des comportements et des modalités d'utilisation des ressources naturelles qui compliquent la mise en œuvre d'une politique ambitieuse d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. La ville de demain doit relever un double défi : améliorer sa performance énergétique et évoluer vers une ville à portée de main pour limiter déplacements et gaspillage spatial. Mais cette évolution vers la réduction ou la prévention des impacts environnementaux devra tenir compte aussi des risques économiques et sociaux qui menacent.

par Michèle PAPPALARDO, présidente de l'Ademe

L'évolution des modes d'occupation du territoire (densité de l'espace, répartition des activités et des équipements collectifs...) a une incidence déterminante sur le nombre et la distance des déplacements, mais aussi sur la possibilité de desserte en transports collectifs et, par conséquent, sur la plus ou moins grande dépendance à l'égard de la voiture particulière. Cette évolution influence également les constructions et les niveaux de performance énergétique (habitat collectif ou individuel, dispersé ou concentré). Les choix d'urbanisme et d'aménagement constituent ainsi des enjeux d'autant plus considérables que leur impact se fait sentir pendant des périodes très longues.

C'est pourquoi les agglomérations concentrent un peu plus de 40 % des consommations d'énergie des transports terrestres et la majorité des polluants de l'air et des nuisances sonores (les deux tiers du monoxyde de carbone et des composés organiques volatils non méthaniques, un tiers des oxydes d'azote et un peu plus de 40 % des particules). C'est évidemment aussi le principal lieu de consommation d'énergie du secteur du bâtiment, habitat et tertiaire. Rappelons que le bâtiment est, en France, le secteur le plus gourmand en énergie. Il consomme actuellement 68,2 millions de tonnes d'équivalent pétrole, soit 42,5 % de l'énergie finale totale. C'est, chaque année, plus d'une tonne d'équivalent pétrole par Français. Ce secteur génère parallèlement 123 millions de tonnes de CO₂, soit 23 % des émissions nationales. L'énergie est consommée pour deux tiers dans les logements et pour un tiers dans le secteur tertiaire. Cette proportion reste sensiblement constante depuis vingt ans.

A ces divers titres, la ville peut être considérée comme un lieu qui concentre consommations d'énergie et émissions de nuisance.

Le facteur 4 et la maîtrise des impacts environnementaux et sanitaires des villes

En matière de changements climatiques, la France mène une politique définie par la Stratégie nationale de développement durable (SNDD) et le plan Climat 2004-2012. Dans ce cadre, elle s'est fixée un objectif de division par 4 de ses émissions de gaz à effet de serre (GES) à l'horizon 2050, objectif réaffirmé lors des récents travaux du Grenelle de l'Environnement.

Un tel objectif impose une mobilisation cohérente et de long terme des options technologiques (bâtiments à énergie positive, véhicules hybrides rechargeables, biocarburants de 2^e génération), économiques (fiscalité, mécanismes d'échanges de quotas), juridiques et institutionnelles afin d'en minimiser le coût économique et de garantir un haut niveau d'équité en organisant des compensations entre les « gagnants » et les « perdants » du changement climatique (1).

Atteindre cet objectif est un véritable défi pour les espaces urbains car, d'une part, ils concentrent deux secteurs dont les émissions totales de GES sont en croissance – les transports et les bâtiments (résidentiel et tertiaire) – et, d'autre part, leur extension continue induit des évolutions des comportements (évolution des profils de mobilité) et des modalités d'utilisation des ressources naturelles (utilisation des sols) qui compliquent la mise en œuvre d'une politique ambitieuse d'atténuation et d'adaptation au changement climatique.

Il est donc nécessaire de s'interroger sur la manière de concevoir et de réhabiliter les villes afin de réduire les consommations d'énergie et les émissions de GES qu'elles induisent mais aussi leurs impacts environnementaux (polluants atmosphériques locaux, artificialisation des sols) et sanitaires (impacts des dégradations de l'environnement sur la santé humaine).

La SNDD et le plan Climat ont intégré l'importance de la gestion des questions climatiques, environnementales et sanitaires à l'échelle des territoires urbains.

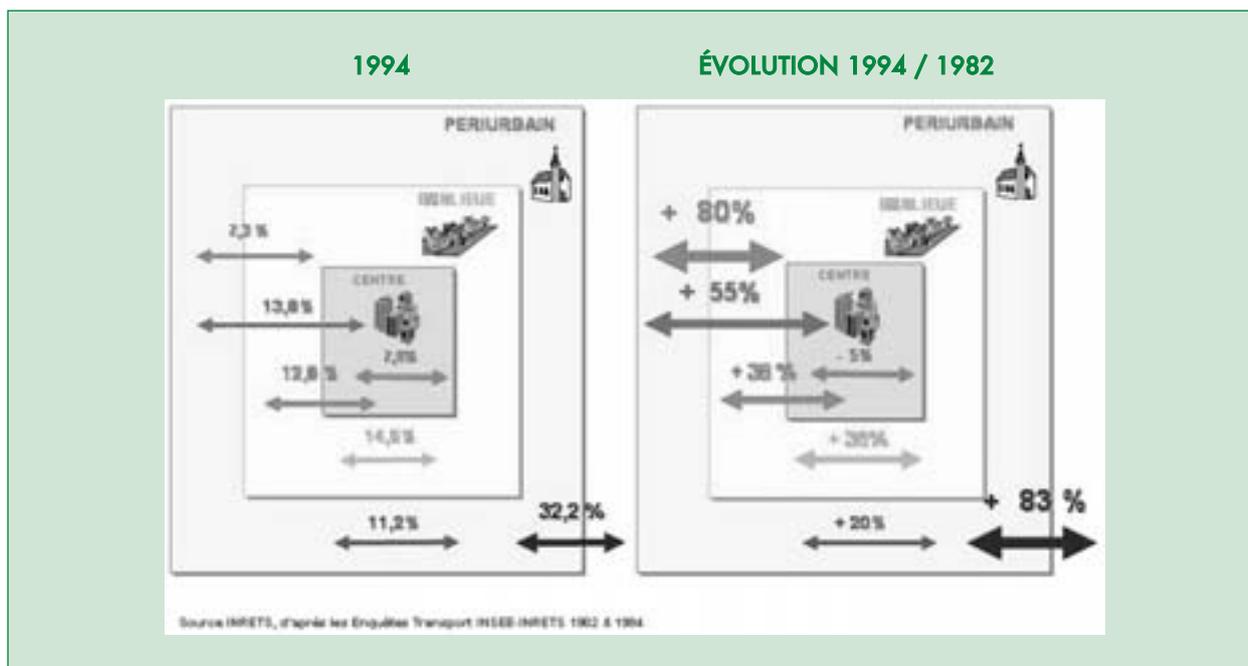


Figure 1. Evolution de la mobilité et périurbanisation.

En effet, la SNDD indique que la planification urbaine est un levier qui doit permettre la maîtrise de la « tâche » urbaine à travers deux objectifs :

- ✓ « la diminution du rythme de consommation par l'urbanisation des espaces naturels et agricoles, de la consommation énergétique des déplacements induits par la vie quotidienne des familles » ;
- ✓ « l'analyse de la vulnérabilité des territoires aux contraintes énergétiques ».

De son côté, le plan Climat anticipe les effets de la concentration des GES dans l'atmosphère en prescrivant de rendre la ville agréable, sous des climats plus chauds, prescription qui vient s'ajouter à ses objectifs de compétitivité et d'attractivité.

L'Ademe, agence d'objectifs engagée dans la mise en œuvre de la politique nationale par contrat, développe ses actions dans les domaines de l'énergie, des transports, des bâtiments, des déchets, des sites et sols pollués et du management environnemental pour relever le défi climatique, réduire les consommations énergétiques, promouvoir les énergies et matières renouvelables, maîtriser la production de déchets et assurer leur traitement, réhabiliter les terrains souillés et réduire les nuisances sonores. Les enjeux auxquels elle se confronte tout autant que la territorialisation de ses actions la conduisent donc à s'intéresser non seulement à la planification urbaine (le sens habituel donné en France au mot urbanisme) mais, aussi et surtout, aux conséquences induites par cette planification sur le fonctionnement de la ville en matière de consommation énergétique et aux nuisances émises, afin de relever les objectifs ambitieux du « facteur 4 » et du développement durable.

L'influence de l'organisation urbaine sur les déplacements et l'organisation des transports

L'organisation spatiale urbaine est le paramètre clé de la demande de déplacement : la localisation relative des lieux d'habitat et des fonctionnalités que doit offrir une ville (emplois, éducation, administration, services) prédétermine les distances des divers déplacements (travail, études, achats, loisirs). Elle régit également la possibilité, ou non, de recourir à des modes doux lorsque les distances sont suffisamment courtes (exemple des modes d'organisation de certaines villes allemandes dites « de courtes distances »). La densité, elle, a une influence sur l'organisation des modes de déplacement, qui découle de la capacité à offrir des modes de transports collectifs si la zone de chalandise du mode offre une certaine densité de clientèle potentielle.

L'examen des deux dernières enquêtes générales « transport » de 1982 et 1994 (la prochaine est programmée pour 2009) fait apparaître une forte évolution dans la structure géographique de la mobilité dans les agglomérations avec une forte croissance des mobilités liées à la périurbanisation (figure 1).

Ainsi, un tiers des déplacements de courte distance se fait à l'intérieur des unités urbaines, un tiers sur le reste de l'agglomération étendue, le dernier tiers, qui a crû le plus (+ 83 % !), sur l'interurbain de proximité. Force est donc de reconnaître que les Plans de déplacements urbains (PDU), outils de régulation globale des mobilités, dans la définition des PTU de la LOTI (art. 27 et 28 actualisés par la LAURE puis la loi SRU) ne concernent plus qu'un tiers des déplacements comptabilisés dans les territoires des bassins de vie...

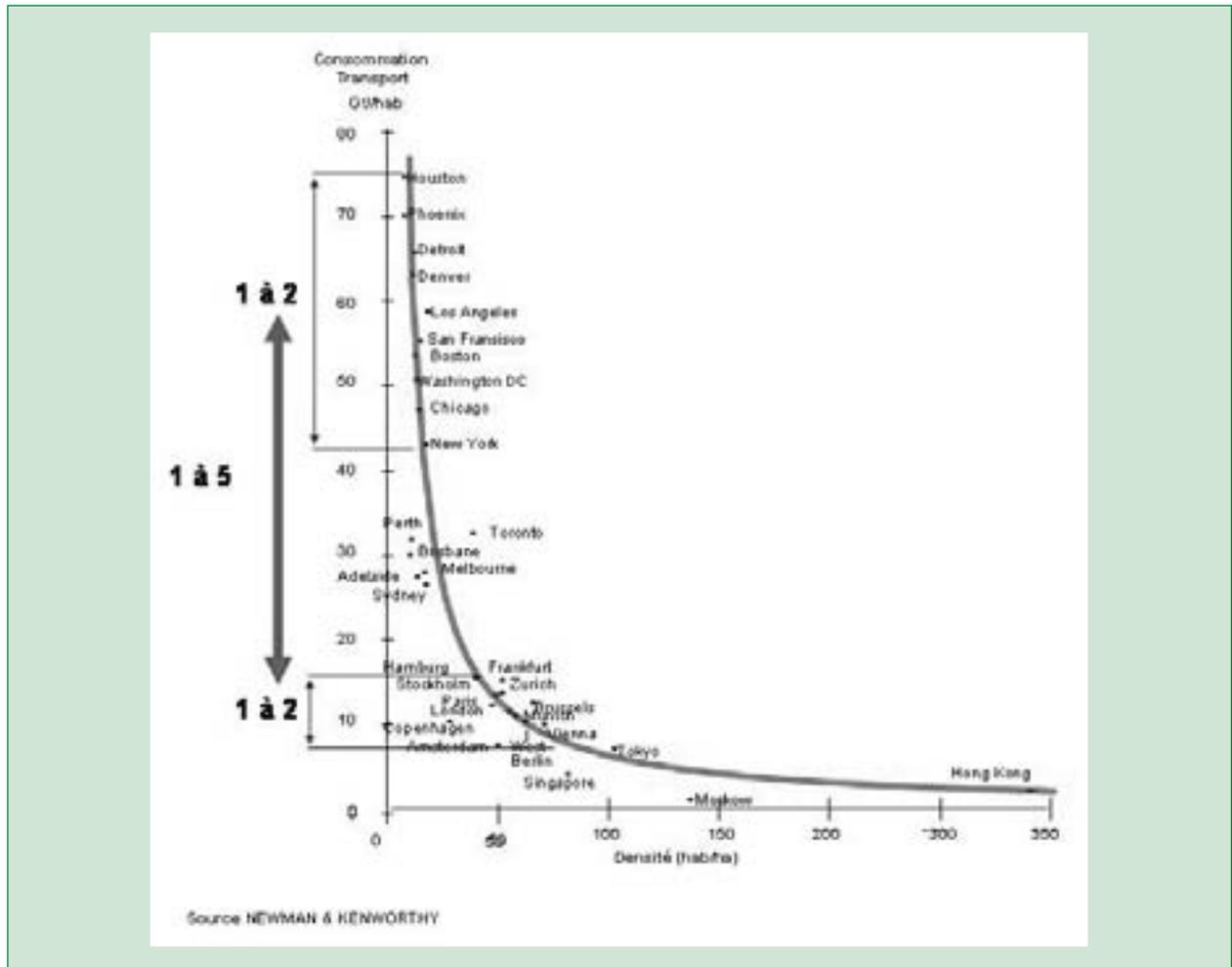


Figure 2. Modèles urbains et consommation d'énergie (en gramme de CO_2) en Amérique du Nord, Europe et Asie.

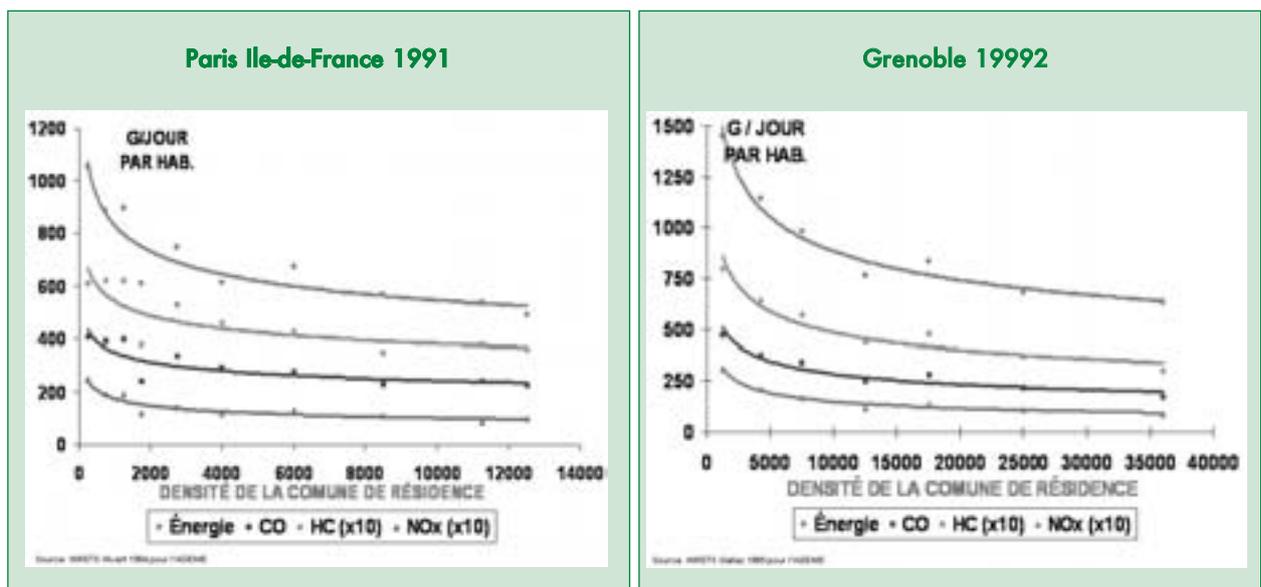


Figure 3. Modèles urbains et consommation d'énergie (en gramme de CO_2 par habitant et par jour) à Paris Ile-de-France et Grenoble.

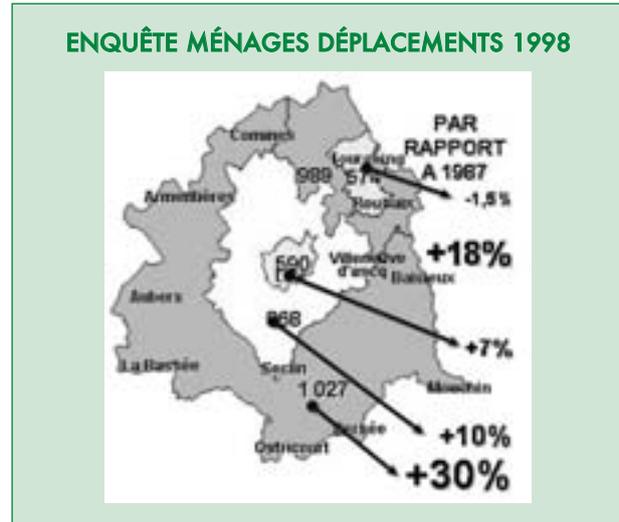


Figure 4. Consommations en GEP par personne et par jour.

Cela se traduit par un allongement généralisé des distances parcourues dans des zones généralement mal desservies par les transports publics.

Il s'agit là d'un des déterminants les plus importants et les plus préoccupants de la dérive du bilan énergétique et environnemental des transports en zone agglomérée.

L'étalement urbain facteur de consommation liée au transport

Des corrélations avérées

L'organisation spatiale urbaine, composante importante de l'urbanisme, a donc une influence déterminante sur la consommation d'énergie (et l'émission de gaz à effet de serre et de nuisances) liée au transport.

Newman et Kenworthy, deux chercheurs australiens, ont bien mis en évidence la corrélation entre la densité et la consommation d'énergie pour plusieurs grandes métropoles du monde. La courbe page 18 illustre parfaitement les effets des modèles urbains nord américain, européen et asiatique sur la consommation d'énergie (figure 2).

Cette approche a été confirmée par les travaux effectués par l'Inrets, avec le soutien de l'Ademe, pour plusieurs villes françaises, travaux qui ont élargi l'approche aux polluants émis. On retrouve à l'échelle des différentes communes formant une agglomération des corrélations du même type (figure 3).

Ces études permettent d'évaluer, à partir des résultats des enquêtes ménages standards, les consommations d'énergie et les émissions de polluants liées aux déplacements des ménages au sein de l'agglomération : c'est le Diagnostic énergie-environnement-déplacement (DEED) développé par l'Ademe à partir de ces travaux.

L'influence de l'organisation de la distribution urbaine des marchandises

L'enchérissement du foncier, le développement des réglementations locales prônant à la fois la réduction de la taille des véhicules et de la durée de la période de livraison, les exigences parfois superflues des commerces en la matière et le fort développement de la grande distribution ont abouti à un éloignement progressif des zones d'approvisionnement et d'habitat.

Cela se traduit par une implantation des grandes surfaces en périphérie, accessibles uniquement par voitu-

	Nombre de véhicules	km totaux parcourus	énergie	CO ₂	polluants	Espace occupé en circulation	Espace occupé en stationnement	Espace total occupé	Bruit
scénario 1 hypermarché	200 voitures	4000	139	940	38	12 000	300	12300	200
scénario 2 supermarché	1 camion 12 T 5 fois 200 piétons	20	4,0	12,7	0,2	360	7,5	367,5	10
total			4,0	12,7	0,2	760	8	768	10
ratio sc. 1/sc.2	voies bitarmac		25	74	18,3		espace total	33	20
scénario 3 livraison autour du supermarché	1 camion 12 T 25 tournées 8kg VL 1 fois 200 piétons	20	4,0	13	0,2	360	7,5	367,5	10
total			19	68	1,9	998	308	1306,2	35
ratio sc. 1/sc.3	avec bitarmac		19	13	74		espace total	10	8
ratio sc.3/sc.2			5	5	9			2	3,5

(ADEME, 2000)

re. Cette situation est, certes, avantageuse économiquement pour les grands groupes de distribution, mais c'est au client final que revient d'effectuer le long trajet terminal jusqu'à son domicile, obligatoirement au moyen d'un véhicule privé. Les réglementations, elles, aboutissent à l'obligation de recourir à un plus grand nombre de véhicules, dans une plage de temps plus réduite, pour assurer les livraisons requises. C'est là un facteur important de congestion dans ces créneaux horaires.

A titre illustratif, trois scénarii décrivant l'approvisionnement des ménages, permettent d'avoir une idée

tation des enquêtes ménages, a permis d'évaluer, sur une dizaine d'années, l'impact de l'étalement urbain sur les consommations énergétiques (et la pollution) des déplacements de personnes.

On constate la forte croissance des consommations d'énergie des habitants des zones périphériques de l'agglomération lilloise (figure 4).

L'influence de l'évolution des habitudes en matière d'habitat



© Laurent Grandguillot/REA

Il est nécessaire de s'interroger sur la manière de concevoir et de réhabiliter les villes afin de réduire les consommations d'énergie et les émissions de GES qu'elles induisent mais aussi leurs impacts environnementaux et sanitaires.

des conséquences de cette organisation de l'espace sur la consommation d'énergie et les nuisances liées à ce type d'organisation urbaine. Il s'agit des conditions d'approvisionnement hebdomadaire de 200 ménages (6 tonnes = 30 kg/semaine/ménage), selon qu'ils s'approvisionnent en hypermarché de périphérie, supermarché de zone dense ou livraison à domicile.

Les détails du calcul sont mentionnés dans le tableau ci-dessous (2).

L'exemple de l'agglomération lilloise

La méthode mise au point à partir des travaux de l'Inrets précédemment mentionnés, basée sur l'explo-

Le relâchement du tissu urbain se traduit par une augmentation des dépenses énergétiques de l'habitat. Le graphe page 21 (figure 5) donne une idée de l'impact en matière de consommation d'énergie (chauffage et eau chaude sanitaire) de différents types d'habitat.

On constate qu'une maison individuelle consomme annuellement de l'ordre de 10 à 20 % de plus au m² d'énergie primaire qu'un logement collectif. Cependant, il existe une grande dispersion dans ces valeurs selon le type de logement collectif (de l'ordre de 30 % de plus en cas de chauffage collectif par rapport au chauffage individuel) et d'énergie utilisée (de l'ordre de 30 à 50 % de plus si le chauffage est élec-

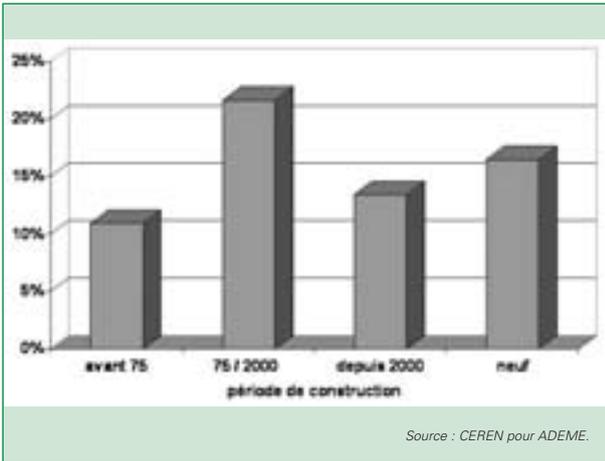


Figure 5. Surconsommation d'énergie primaire des maisons individuelles en comparaison avec les logements collectifs.

trique). Il convient également de souligner la grande hétérogénéité du parc construit avant 1975 qui regroupe des bâtiments anciens (jusqu'à avant-guerre) ayant une bonne inertie thermique et les bâtiments issus de la période de reconstruction et des Trente Glorieuses dont les performances énergétiques sont particulièrement mauvaises.

Cependant si le COS peut être considéré en première approche comme indicateur de densité, il peut amener à tirer des conclusions erronées en matière de consommation d'énergie des bâtiments. C'est ce que montre la figure 6 indiquant, pour différents types d'habitat, les consommations d'énergie d'une même population.

Des formes urbaines plus économes ?

Grand collectif R+11	Petit collectif R+2	Maisons individuelles mitoyennes
36 logements de 70m ² Emprise au sol du bâti = 10 % 79 habitants Densité de 157 habitants/ha COS = 1,2 Consommation estimée : 136 MWh/an Consommation/habitant : 1,7 MWh/an	36 logements de 70m ² Emprise au sol du bâti = 17 % 79 habitants Densité de 157 habitants/ha COS = 0,51 Consommation estimée : 171 MWh/an Consommation /habitant 2,2 MWh/an	R+combles 28 logements de 105m ² Emprise au sol du bâti = 39 % 79 habitants Densité de 157 habitants/ha COS = 0,39 Consommation estimée** : 304 MWh/an Consommation /habitant 3,9 MWh/an
<p>* consommations estimées en énergie primaire sur la base de la base RT 2000. ** situation de maisons mitoyennes, si la maison est isolée la consommation d'énergie passe à 377 MWh/an soit 4,8 MWh/habitant.</p> <p style="text-align: right;">Source : Vincent Fouchier et calculs ADEME.</p>		

Figure 6. Consommation d'énergie et type d'habitat.

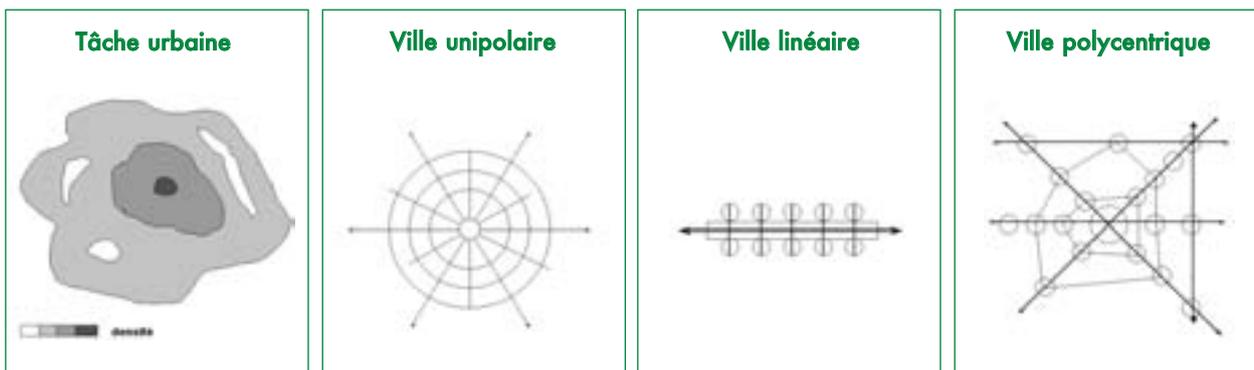


Figure 7. Formes urbaines et performances énergétiques.

Les débats sur la ville de demain et sur les défis énergétiques et environnementaux auxquels elle devra s'adapter, tendent à opposer les modèles de villes éclatées, caractérisées par de faibles densités de population et une fonctionnalité des espaces, à une ville compacte, dite des courtes distances, aux impacts énergétiques et environnementaux supposés moindres.

« Tâche » urbaine, agglomération unipolaire, linéaire ou polycentrique présentent-elles des différences en matière de performance énergétique ? A ce jour, le débat n'a pas permis de formuler des recommandations claires, dans la mesure où les différents

modèle californien. Le modèle rhénan, acceptant une centralité forte, semble aujourd'hui glisser d'un polycentrisme traditionnel à un polycentrisme en réseau. Ce nouveau modèle d'organisation spatiale s'est imposé récemment dans certaines villes d'Allemagne, des Pays Bas, d'Autriche ou de Suisse qui ont tenté de contenir leur développement urbain et périurbain et de favoriser la compacité. Elles se sont appuyées sur une armature urbaine constituée d'un réseau de villes dense. Pour les villes européennes, comme celles du Royaume-Uni, de la France ou de l'Espagne, qui éprouvent des difficultés à maîtriser l'espace urbain et qui, pour les deux derniers pays, ont une armature



© Daniel Joubert/REA

L'enchérissement du foncier notamment et le fort développement de la grande distribution ont abouti à un éloignement progressif des zones d'approvisionnement et d'habitat. Cela se traduit par une implantation des grandes surfaces en périphérie, accessibles seulement par voiture.

travaux de recherche conduits par les urbanistes, les économistes et les géographes n'aboutissent pas à des résultats convergents (figure 7).

Dans la littérature, une confusion est perceptible entre ceux qui associent une forme spécifique au modèle de ville compacte et ceux qui en acceptent plusieurs. Trois formes de villes apparaissent cependant toujours : unipolaire (parfois seule associée au modèle de ville compacte), linéaire et polycentrique.

Souvent, ce type d'urbanisation assez compacte et maîtrisée a été qualifié de modèle rhénan en opposition au modèle nord américain de villes éclatées ou

urbaine plus dilatée, ce modèle peut se présenter comme un objectif à atteindre. Le polycentrisme en réseau peut être défini comme le renforcement de l'urbanisation autour de centres secondaires (nœuds du réseau), complémentaires dans leurs activités, et ancrés sur le développement du réseau de transports publics de liaison entre les nœuds et d'une protection des espaces verts ou des zones agricoles intermédiaires, offrant une respiration à l'agglomération ou à la ville, selon l'échelle d'application. Ce n'est que sous ces conditions qu'il est un modèle de développement urbain durable.

On peut cependant penser qu'en termes de linéaire de réseau nécessaire les formes linéaire et polycentrique nécessiteront un linéaire plus faible que la forme « tâche » urbaine. Des recherches récentes, menées dans le cadre du Predit3, sur l'application de l'approche de l'analyse fractale de la connectivité des formes urbaines semblent prometteuses. L'application de telles méthodes pourrait, à terme, permettre de développer des outils de diagnostic et d'aide à la planification des opérations de redensification ainsi qu'à l'évaluation des linéaires de réseaux qui y sont liés.

Aux incertitudes actuelles s'ajoute celle inhérente à l'avènement et aux performances des différentes briques technologiques (véhicules hybrides rechargeables, bâtiments à énergie positive, sources de production décentralisée d'énergie) qui pourraient composer la ville de demain, rendant l'appréciation des conséquences énergétiques et environnementales de long terme des choix actuels en matière d'urbanisme et de construction des villes complexe et problématique.

Mais, en dépit du caractère encore confus de ce débat, il est utile, qu'il s'agisse de l'identification des pistes de recherche ou de la conception des politiques publiques en lien avec la ville, de mettre en avant quatre résultats issus de travaux quantitatifs sur le lien entre formes urbaines et mobilité (3) :

- ✓ les formes urbaines auraient un impact limité sur la mobilité des ménages, mais un impact fort sur leur taux d'équipement en véhicules particuliers ;
- ✓ l'impact des formes urbaines sur la mobilité apparaît au-delà d'un certain seuil de densité compris entre 3 000 et 5 000 habitants par kilomètre carré, selon les études ;
- ✓ même s'il existe un impact faible des formes urbaines sur la mobilité, rien n'assure qu'en modifiant les formes urbaines on modifiera les profils de mobilité ;
- ✓ quant aux déplacements hors domicile travail, les formes urbaines ont bien un impact sur la mobilité à travers les coûts des déplacements.

La ville de 2050 déjà majoritairement construite ?

L'inertie des parcs de logement, des infrastructures de transport, de loisir, de commerce, etc. conduit la majorité des experts à conclure que la ville de 2050 (4) est déjà construite à 80 %. Même si l'activation éclairée de leviers de politiques publiques (fiscalité) peut participer à la réduction de cette inertie, il est clair que la ville d'aujourd'hui devra s'adapter aux évolutions économiques (mutations industrielles, évolution du prix des matières premières), sociétales (vieillesse de la population, évolution des comportements d'achat), technologiques (évolution des services offerts par les TIC) et environnementales (changements climatiques, pollutions atmosphériques locales) qui vont

marquer les cinquante prochaines années. Cette indispensable adaptation des villes pose les trois questions du financement, de la gouvernance et de la disponibilité technologique.

— Le financement : l'adaptation de la ville aux évolutions économiques, sociétales, technologiques et environnementales nécessitera d'importants investissements pour, par exemple, faire évoluer les infrastructures existantes et/ou pour en construire de nouvelles. Pour ne pas buter sur des questions de moyens et favoriser une allocation efficace des ressources disponibles, il faudra engager des recherches pour inventer, expérimenter et évaluer les options mobilisables afin de permettre aux villes de dégager des ressources financières nouvelles et additionnelles qui financent leur adaptation.

— La gouvernance : la question de la compensation des gagnants vis-à-vis des perdants qui en découle, la montée en puissance des processus de « démocratie participative » (5) autour de certains projets, les phénomènes de NIMBY que cristallisent certaines infrastructures, les interrogations sur le rôle des villes dans la gestion des biens publics globaux, l'articulation entre les différents niveaux de décision sont autant de questions qui poussent à s'interroger sur les modes de gouvernance et sur la manière dont ils doivent évoluer pour adapter et réduire la vulnérabilité de la ville. A ce jour, les initiatives prises en matière de gouvernance restent expérimentales, peu coordonnées et entachées de nombreux effets pervers comme la professionnalisation du « citoyen expert » ou l'appropriation des choix collectifs par la frange éduquée, aisée et organisée de la population. Compte tenu de ce constat, il est, ici aussi, nécessaire que la recherche propose, expérimente et évalue de nouveaux modes de gouvernance en accord avec les besoins d'adaptation et de réduction de la vulnérabilité des villes aux questions énergétiques et environnementales.

— La disponibilité technologique : les choix disponibles pour adapter les villes sont ouverts, fonction des contraintes spécifiques à chaque ensemble de villes (villes méditerranéennes) et des systèmes de contraintes/incitations qui seront mis en place pour limiter leur impact environnemental et leur vulnérabilité. D'où l'importance de disposer d'un panel d'options permettant à chaque ville de s'adapter en fonction de ses contraintes en ayant, par exemple, une politique de reconstruction de la ville sur la ville (cas des villes situées dans des espaces très contraints) ou au contraire en conquérant, de manière maîtrisée, de nouveaux espaces. De la même manière, les villes devront pouvoir mobiliser des ensembles de technologies permettant d'avoir des infrastructures intelligentes pour, par exemple, réduire les coûts d'entretien, de maintenance et d'utilisation et ainsi participer à la résolution de la question du financement.

Si la ville de 2050 est, déjà, majoritairement construite, elle n'est bien entendu pas figée et il nous

faut, progressivement mais durablement, la faire évoluer afin d'aller vers une ville à portée de main pour limiter les besoins et impacts des déplacements et le gaspillage spatial et, second grand objectif, proposer une ville énergétiquement performante et diversifiée.

Cette évolution vers la réduction ou la prévention des impacts environnementaux devra également tenir compte des risques économiques et sociaux : il nous faudra aussi maîtriser les coûts induits en les considérant de façon globale et non sectorisée, pour les collectivités comme pour les ménages, et les risques de fragmentation sociale, de plus en plus préoccupants.

Notes

(1) Les « gagnants » et les « perdants » auxquels il est fait référence ici peuvent être des groupes d'individus, des territoires, des secteurs d'activité.

(2) La distance domicile/hypermarché (10 km) correspond aux situations banlieue et 3^e couronne pour les grandes agglomérations et à la situation périurbaine pour les plus petites ; la distance de 500 mètres correspond à la distance moyenne de chalandises des supermarchés des villes denses ; la distance de 10 km pour la livraison du supermarché correspond à la distance moyenne de livraison au départ des entrepôts d'approvisionnement des villes importantes, situés en périphérie de ces villes ;
✓ livraison hebdomadaire du supermarché : 6 t livrées par camion urbain de 12 t CU à hayon élévateur et marchandises en roll ou palette (c'est le cas classique) ; l'hypermarché est supposé livrer par maxicode (40 t PTR) à partir des bases logistiques situées en province (cas classique aussi) ; il en est de même des entrepôts d'approvisionnement des supermarchés (cela n'est pas compté dans le bilan) ;

✓ les 30 kg (ou 5 fois 6 kg) correspondent au poids moyen d'un caddy hebdomadaire d'hypermarché ;

✓ en cas de livraison à domicile, les petits véhicules utilitaires utilisés (type Renault Kangoo) livrent en moyenne 8 clients.

(3) Ces résultats sont issus d'études de cas réalisées aux Etats-Unis.

(4) Le choix de cet horizon temporel se justifie par l'existence d'un objectif national de division par 4 des émissions de gaz à effet de serre à cet horizon. Cet objectif est qualifié de « facteur 4 ».

(5) On citera, par exemple, les situations dans lesquelles des comités locaux participent aux choix qui structureront leur lotissement, quartier, agglomération, etc.