

Les zones à faibles émissions (*low emission zones*) à travers l'Europe : déploiement, retours d'expérience, évaluation d'impact et efficacité du système

Low emission zones in Europe: deployment, feedback, impact assessment and efficiency of the schemes

Marie Pouponneau¹, François Cape²

Mots-clés

qualité de l'air, évaluation, impact, zone à faibles émissions, restriction de circulation

Keywords

air quality, rating, low emission zone, traffic restriction

Les zones à faibles émissions, ou *Low Emission Zones* (LEZ), sont des dispositifs de restriction de la circulation mis en œuvre dans plusieurs centaines de villes européennes pour agir contre la pollution de l'air liée au trafic routier. Il s'agit d'interdire la circulation des véhicules les plus émetteurs de polluants

atmosphériques, c'est-à-dire les plus anciens. Initiées en 1996 par trois villes suédoises, leur généralisation a commencé en Europe en 2007 pour atteindre le nombre de 211 en mars 2015 à travers dix pays. Le tableau 1 montre l'évolution de leur nombre, entre mars 2011 et mars 2015, pour chacun des pays.

Tableau 1. Pays européens mettant en œuvre des *low emission zones* (chiffres indicatifs de mars 2011, mars 2012, mars 2014 et mars 2015)
(source : <http://urbanaccessregulations.eu/>)

European countries running low emission zones, in march 2011, march 2012, march 2014 and march 2015.

Pays	Nombre de LEZ			
	Mars 2011	Mars 2012	Mars 2014	Mars 2015
Autriche	1	1	2	4
République Tchèque	1	1	1	1
Danemark	4	4	4	4
Allemagne	43	56	69	78
Italie	109	98	94	100
Pays-Bas	12	12	12	12
Portugal	0	1	1	1
Suède	6	6	7	8
Royaume-Uni	2	2	3	1
Grèce	Non comptabilisée	Non comptabilisée	Non comptabilisée	1
TOTAL	179	182	193	211

Note : la première et unique LEZ française, celle de Paris, a été mise en œuvre en septembre 2015 et n'est donc pas listée dans le tableau 1.

(1) ADEME, 27 rue Louis Vicat, 75737 Paris Cedex 15 – pseudoriemannienne@ademe.fr

(2) Rincent AIR, 5 rue Edmond Michelet, 93360 Neuilly-Plaisance – francois.cape@rincent.fr

Les chiffres du tableau 1 sont issus de la mise à jour de 2016 du rapport « Les zones à faibles émissions (*Low Emission Zones*) à travers l'Europe : déploiement, retours d'expériences, évaluation d'impacts et efficacité du système » (ADEME, 2016)¹. Les auteurs se sont attachés à définir ce qui est pris en compte dans cette comptabilisation.

Extrait : « La LEZ doit porter sur un périmètre géographique donné (par opposition à un axe isolé). La LEZ doit impacter les véhicules particuliers et/ou professionnels (et pas uniquement les flottes gérées par les collectivités : autobus, services municipaux...). Enfin, la LEZ doit restreindre l'accès aux véhicules sur la base de leurs émissions polluantes (*a priori* normes Euro, mais l'ancienneté est également comptabilisée), et non sur la base de numéros minéralogiques, par exemple. »

Ces nouvelles règles de comptabilisation ont, par exemple, conduit à indiquer que le Royaume-Uni ne comporte qu'une seule LEZ (celle de Londres) contre trois dans la précédente version du rapport qui intégrait les zones à faibles émissions de Norwich et Oxford qui ne sont appliquées qu'aux flottes d'autobus locaux.

La directive européenne 2008/50/CE du 28 mai 2008, concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, cite la mise en œuvre de zones à faibles émissions comme « mesure de lutte contre la pollution atmosphérique ». En pratique, le déploiement des LEZ en Europe s'est fait dans un contexte initial de lutte contre les particules PM₁₀, à une époque où les obligations de respect des valeurs limites réglementaires européennes commençaient à représenter une difficulté pour les pays européens. Cette difficulté persiste, et vient s'y ajouter l'entrée en vigueur en 2010 des valeurs limites pour le dioxyde d'azote (NO₂), ce qui explique que le nombre de LEZ en Europe ne cesse d'augmenter. Ainsi, le principal critère d'accès à une zone à faible émission est lié au respect d'une norme Euro (ensemble de valeurs limites européennes concernant les rejets polluants des véhicules neufs routiers, dont les particules et les oxydes d'azote). La LEZ évince les véhicules les plus polluants, c'est-à-dire les véhicules les plus anciens. Ce dispositif concerne majoritairement les poids lourds, les autobus et les autocars, et dans un nombre plus restreint de pays les véhicules particuliers, les véhicules utilitaires légers et les deux-roues motorisés.

Le recensement des LEZ à travers l'Europe, entrepris par l'ADEME dès 2009 et régulièrement mis à jour depuis, montre qu'il n'existe pas une forme unique de LEZ. Conditions d'accès, périmètre, véhicules concer-

nés, moyens de contrôle sont autant de paramètres qui conditionnent l'impact du dispositif sur la qualité de l'air mais également son acceptation par les populations (grand public et professionnels) des villes concernées. À titre d'exemple :

- la LEZ dans la région de la Ruhr en Allemagne couvre un périmètre de 868 km², englobe 13 villes (les autoroutes ne sont pas incluses dans le dispositif), concerne les poids lourds, autobus, autocars, véhicules utilitaires légers et voitures particulières avec, depuis le 1^{er} juillet 2014, une obligation d'être conforme à la norme Euro 4 (IV) pour les véhicules diesel, et à la norme Euro 1 (I) pour les véhicules essence. Elle fonctionne 24h/24, 365 jours par an ;
- celle de Lisbonne au Portugal couvre un périmètre d'environ 26 km², comprenant en fait deux aires, l'une correspondant à la mise en œuvre initiale du dispositif en 2011, et la seconde à l'élargissement de 2012. Elle concerne les mêmes véhicules que celle de la Ruhr, avec cependant un niveau de restriction de circulation moins strict : les véhicules doivent être conformes à la norme Euro 3 (III) pour circuler dans le périmètre initial et à la norme Euro 2 (II) pour circuler dans le périmètre élargi. La restriction de la circulation est appliquée les jours ouvrés de 7h à 21h ;
- en France, la LEZ de Paris concerne depuis juillet 2016 tous les véhicules précédemment cités ainsi que les deux-roues motorisés, sur un périmètre d'environ 87 km² (Paris *intramuros*, hors bois de Boulogne et de Vincennes et hors boulevard périphérique) après avoir connu une première phase débutée en septembre 2015 qui ne concernait que les poids lourds, autobus et autocars. Du lundi au vendredi, hors jours fériés, de 8h à 20h, les deux-roues motorisés antérieurs à la norme Euro 1 sont interdits de circulation, ainsi que les voitures particulières et les véhicules utilitaires légers antérieurs à Euro 2. Les poids lourds, autobus et autocars antérieurs à Euro III sont interdits de circulation 7 jours sur 7, de 8h à 20h.

La mise en œuvre et les bénéfices du point de vue de la qualité de l'air d'une zone à faibles émissions sont d'autant plus acceptés et importants que celle-ci est contrôlée et donc respectée. Des dérogations peuvent être accordées temporairement, une période sans contravention instaurée au démarrage du dispositif, mais la population devra être informée très tôt des pénalités encourues en cas de non-respect du dispositif. Les moyens de contrôle sont soit visuels (vignette apposée sur le pare-brise du véhicule, contrôlée par les forces de police) soit automatiques (comparaison des informations issues de la plaque minéralogique capturée par caméra de surveillance à celles d'une base de données). La méthode automatique permet un meilleur contrôle, et le surcoût lié à la mise en œuvre d'un tel contrôle est com-

(1) Rapport disponible sur : <http://www.ademe.fr/zones-a-faibles-emissions-low-emission-zones-lez-a-travers-leurope>

pensé par des bénéfices (amendes et amélioration de la qualité de l'air s'il y a peu de contrevenants).

Il n'y a pas de règle unique quant à la réalisation d'une étude d'impact préalable (*ex-ante*) qui viendrait justifier ou documenter la zone à faibles émissions. Londres, dont la LEZ a débuté le 4 février 2008, a entrepris dès 2003 des études d'impact *ex-ante* sur différents sujets dont les émissions de polluants, les teneurs atmosphériques, les impacts sanitaires, ainsi que les impacts socio-économiques (catégories professionnelles concernées) et socio-culturels. La ville d'Anvers (Belgique), qui prévoit de mettre en œuvre sa zone à faibles émissions en février 2017, a publié en novembre 2012 une étude d'impact intégrant une analyse coûts-bénéfices sur la période 2014-2024 en plus de données prévisionnelles d'évolution de la qualité de l'air. D'une manière générale, concernant la qualité de l'air, ces études d'impact *ex-ante* présentent des calculs d'évolution des émissions de polluants liées au trafic routier, des calculs de dispersion de la pollution atmosphérique pour identifier l'impact spatialisé de la restriction de circulation dans la zone sur les concentrations au regard des valeurs limites réglementaires, et dans certains cas une évaluation de l'impact sanitaire. Cependant, une majorité de villes n'ont pas réalisé de tels travaux, ni prévu en amont des indicateurs pour une évaluation *a posteriori* (*ex-post*). Or une zone à faibles émissions peut se heurter à des réticences de la part de certains groupes sociaux pour lesquels les bénéfices sanitaires devront être mis en avant. À noter que les données relatives à la qualité de l'air et au trafic sont indispensables pour réaliser des évaluations robustes.

Deux méthodes sont principalement utilisées pour évaluer *ex-post* les effets des LEZ sur la qualité de l'air.

La plus intuitive est celle de la comparaison de mesures de concentrations en polluants entre des situations avec et sans LEZ. Celle-ci peut être effectuée selon différentes configurations en fonction des études : avant et après mise en œuvre de la LEZ, à l'intérieur et à l'extérieur de la LEZ, ou encore entre villes avec et sans LEZ. Néanmoins, ce type de comparaison est soumis à de nombreuses incertitudes du fait des facteurs extérieurs qui influencent les concentrations en polluants dans l'air ambiant :

- les conditions météorologiques lors des mesures ont une influence importante sur les résultats, notamment par l'action du vent (direction et importance de la dispersion), des précipitations (lessivage atmosphérique des particules), des températures (en lien avec la stabilité atmosphérique), ou encore de l'ensoleillement (réactions photochimiques) ;
- les quantités de polluants émises vont varier en fonction du trafic routier, du renouvellement progressif du parc automobile, ainsi que des fluctuations des émissions des autres sources

de pollution (chauffage urbain, émissions industrielles...) entre deux campagnes de mesures.

Il s'avère donc très difficile de discriminer la part de l'effet des LEZ sur les variations des concentrations en polluants à partir de la seule comparaison de mesures.

L'expérience de Londres illustre bien ces difficultés d'interprétation : le service de transports de la ville (TFL) a souhaité étudier l'impact de la mise en œuvre de la LEZ à partir des mesures du réseau local de surveillance de la qualité de l'air. L'implantation des stations a permis de combiner l'approche comparative « avant/après LEZ » et « intérieur/extérieur LEZ ». Malgré ce dispositif, l'analyse des mesures a présenté des résultats contradictoires suivant la période considérée : à l'échelle mensuelle, la réduction des teneurs en particules était équivalente sur les points de mesure situés à l'intérieur et à l'extérieur de la LEZ, indiquant l'absence d'effet significatif (Transport for London, 2010). En revanche, en comparant la moyenne des concentrations sur une période de plusieurs années, avant et après la mise en œuvre, une réduction significative des teneurs en particules a été calculée à l'intérieur de la LEZ (3 %) par rapport à l'extérieur (1 %) (Ellison, Greaves et Hensher, 2013).

Mais cette analyse se complexifie encore si l'on considère l'échelle géographique : l'effet de la LEZ peut se faire ressentir sur une zone plus large que son simple périmètre, ce qui peut conduire à sous-estimer les réductions de concentrations calculées d'après la comparaison intérieur/extérieur. À l'inverse, l'influence des émissions de polluants provenant d'autres sources que le transport routier peut être plus importante en centre-ville (par exemple, le chauffage en lien avec la densité urbaine), ce qui peut conduire à une surestimation des effets de la LEZ lorsque la baisse des concentrations est liée à d'autres facteurs (cas de Londres selon Holman, Harrison et Querol, 2015).

Enfin, les résultats des évaluations de l'effet des LEZ diffèrent selon le polluant considéré. Ainsi, malgré les difficultés décrites pour la comparaison des mesures avec et sans LEZ, les études réalisées selon cette méthodologie au Royaume-Uni, aux Pays-Bas et en Allemagne ne permettent pas de conclure sur des effets significatifs sur les concentrations en dioxyde d'azote (NO_2) et conduisent à une réduction contrastée des concentrations en particules PM_{10} (de non significatif à environ 10 %). Les effets de réduction les plus importants (supérieurs à 10 %) sont constatés sur les $\text{PM}_{2,5}$ et sur le carbone-suie (*black carbon*, BC), qui traduit la part carbonée des particules issues des échappements des moteurs et se distingue des poussières provenant d'autres sources d'émission.

Cette différence dans les variations de particules PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$ peut sembler paradoxale mais s'explique

par une contribution granulométrique différente selon les sources d'émission. Ainsi, dans les émissions de particules par le transport routier, il est nécessaire de distinguer celles qui sont émises par le fonctionnement des moteurs (*exhaust emissions* – émissions à l'échappement) et celles dues à la remise en suspension des poussières présentes sur la route lors du passage des véhicules ou provenant de l'usure des pneumatiques et des freins (*non-exhaust emissions* – émissions hors échappement). Parmi les particules PM_{10} , il est considéré par les chercheurs que la fraction granulométrique comprise entre 2,5 et 10 μm (*coarse fraction* – fraction grossière) est essentiellement générée par la remise en suspension des poussières, alors que la fraction inférieure à 2,5 μm ($PM_{2.5}$) est davantage émise par les gaz d'échappement. Or l'effet des LEZ sur la qualité de l'air est lié à la mise en circulation de véhicules moins polluants et non à une diminution de la flotte automobile, comme le montre une étude de l'IFSTTAR (Dablanc *et al.*, 2015). Le nombre de véhicules entraînant une remise en suspension de la fraction « grossière » des PM_{10} reste donc le même, alors que les émissions de la fraction « fine » $PM_{2.5}$ diminuent.

La contribution du transport routier aux émissions des différents polluants explique également que des résultats différents puissent apparaître selon l'emplacement des stations de mesure. Dans certaines configurations, une diminution des concentrations en bordure de la voie peut être constatée alors qu'aucun effet significatif n'est observé dans les zones résidentielles où la proportion des émissions issues du trafic routier est plus faible par rapport aux autres sources d'émission.

Pour s'affranchir de ces nombreuses contraintes expérimentales dans l'évaluation de l'effet des LEZ sur la qualité de l'air, la deuxième méthode utilisée est celle de la modélisation, qui présente de plus l'avantage de pouvoir être appliquée en évaluation *ex-ante* ou *ex-post*.

Celle-ci consiste à calculer la réduction des émissions envisageable par la mise en œuvre de la LEZ, en utilisant plusieurs scénarios d'évolution du parc automobile : « actuel », « futur sans LEZ » et « futur avec LEZ ». La quantité de polluants rejetés selon les scénarios peut être calculée à partir des facteurs d'émission de chaque véhicule. La différence entre les émissions du parc automobile « avec LEZ » et « sans LEZ » permet ainsi d'estimer l'impact du dispositif. En *ex-post*, il convient d'avoir une fine connaissance du parc roulant dans la zone à faibles émissions et donc d'avoir des moyens à disposition (à Berlin, une rue a été équipée d'une caméra pour étudier la composition du parc à partir de relevés des plaques minéralogiques). Il est à rappeler qu'une zone à faibles émissions ne réduit pas forcément à elle seule le trafic routier (les cas de Londres, Göteborg et Berlin étudiés par l'IFSTTAR (Dablanc *et al.*, 2015) ne montrent pas de réduction de trafic pouvant être liée uniquement

à la LEZ ; en revanche, le renouvellement du parc dû à la LEZ est indiscutable).

Les émissions calculées peuvent ensuite être utilisées pour modéliser la dispersion des polluants à partir des données météorologiques, afin d'estimer le niveau de concentration attendu dans l'air ambiant. Malgré les incertitudes dues aux hypothèses de calcul des émissions et de modélisation (facteurs d'émissions, parc réel circulant, météorologie, pollution de fond...), cette méthode permet d'estimer l'impact relatif de la LEZ en s'affranchissant des biais liés aux conditions expérimentales des mesures.

Les résultats des évaluations de l'impact des LEZ sur la qualité de l'air, effectuées par modélisation, sont ainsi généralement supérieurs à ceux obtenus par la seule mesure. À titre d'exemple, les réductions maximales de concentrations en polluants ont été estimées, dans une étude de 2011 réalisée pour la ville de Berlin, jusqu'à 12 % en dioxyde d'azote et 52 % en carbone-suie. On peut noter que, comme pour les études utilisant la mesure de polluants, les modélisations concluent à un effet plus important sur les concentrations de carbone-suie que sur celles de dioxyde d'azote.

Ces différentes méthodes appliquées dans l'étude des effets des LEZ sur la qualité de l'air, ainsi que la disparité des résultats obtenus, soulignent la nécessité de bâtir un protocole harmonisé au niveau européen, afin de disposer d'éléments de comparaison entre les différentes villes, et que les résultats de telles études puissent constituer un meilleur outil d'aide à la décision. Le choix du composé traceur des émissions issues du trafic routier est notamment un élément primordial pour estimer l'impact réel de ce dispositif sur la qualité de l'air et le traduire par un gain sur la santé des populations dans l'objectif d'évaluer le bilan coûts-bénéfices des LEZ.

Avec les méthodes d'évaluation utilisées à ce jour, et malgré l'hétérogénéité des études, le retour d'expériences des différentes villes européennes indique globalement que les effets des LEZ sur la qualité de l'air sont plus faibles que ceux initialement attendus dans les études d'impact *ex-ante*, notamment car les facteurs d'émissions utilisés en modélisation à une certaine époque sous-estimaient les émissions réelles des véhicules. Ainsi, les résultats des évaluations de l'effet des LEZ sur la qualité de l'air présentent des réductions contrastées sur les concentrations des principaux polluants réglementés. La zone à faibles émissions ne peut pas constituer l'action unique et suffisante de résolution des problèmes de qualité de l'air en milieu urbain. Néanmoins, la baisse des émissions liée au renouvellement du parc automobile reste un facteur d'amélioration de la qualité de l'air qui justifie l'intégration de la mise en œuvre des LEZ dans une démarche plus globale de prévention de la pollution atmosphérique.

Enfin, grâce à la revue bibliographique entreprise depuis 2009, l'ADEME a pu identifier cinq leviers d'actions permettant d'augmenter la faisabilité économique et sociale d'une LEZ :

- catégorie de véhicules : inclure tel ou tel type de véhicule dans le dispositif ; la majorité des LEZ ne concernait pas les véhicules utilitaires légers à leurs débuts (cas de Londres et des villes néerlandaises) et rarement les voitures particulières (trois pays ont inclus ces véhicules : Portugal, Allemagne, Italie ; certaines villes des Pays-Bas commencent à les intégrer) ;
- mise en œuvre progressive : un phasage dans le temps pour le type de véhicule concerné et/ou les conditions d'accès ;
- dérogations : nationales ou locales, temporaires, pour certains types de véhicules ou d'usage, etc. ;
- aides financières : éventuellement uniquement avant le début de l'opération ou pendant une période limitée dans le temps au début de la LEZ, pour le privé ou le grand public, sur des fonds locaux ou nationaux. Il peut s'agir d'une prime à la casse (Allemagne, Italie), d'une aide à l'achat d'un filtre à particules à poser en seconde monte sur un

véhicule existant² (sous forme de réduction d'impôt en Allemagne), de prêts bon marché (en Allemagne, cas de la banque KfW pour l'achat d'un poids lourds conforme à la LEZ) ;

- communication : l'une des recommandations est de communiquer largement avant le démarrage du dispositif, en expliquant l'objectif, les véhicules concernés et les éventuelles mesures d'accompagnement pour les populations impactées (particuliers et professionnels).

Entre 2010 et 2015, l'ADEME a soutenu la mise en place de zones à faibles émissions en France, notamment via le financement de sept études de faisabilité des ZAPA³ (Zones d'Action Prioritaires pour l'Air, dispositif similaire à une LEZ) et, en partenariat avec le ministère en charge de l'écologie dans le cadre du programme PRIMEQUAL, celui de projets scientifiques visant à élaborer les meilleures méthodes d'évaluation *ex-post* des ZAPA sur les sujets de qualité de l'air, d'acceptabilité sociale et de composition de parc roulant. Ces travaux permettront de contribuer à améliorer l'évaluation des futures ZCR (Zones à Circulation Restreinte), qui peuvent être mises en place en France grâce à l'article 48 de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

Références bibliographiques

ADEME, Pouponneau M, Forestier B, Cape F et al., 2016 : *Les zones à faibles émissions (Low Emission Zones) à travers l'Europe : déploiement, retours d'expériences, évaluation d'impacts et efficacité du système, rapport*, 94 p.

ADEME, Dablanc L, Montenon A, Cruz C et al., 2015 : *Les zones à émissions réduites (Low Emission Zones) en Europe : études de cas et impacts sur le fret et les entreprises de livraison de marchandises*, 14 p.

ADEME, 2014 : *Avis de l'ADEME « Émissions de particules et de NOx des véhicules routiers »*, juin, 6 p.

ADEME, Olivier Coppiters 't Wallant. 2014. Zones d'actions prioritaires pour l'air (ZAPA) – Synthèse des études de faisabilité réalisées par sept collectivités françaises, rapport final, 92 p.

Ellison RB, Greaves SP, Hensher DA, 2013 : Five years of London's low emission zone : effects on vehicle fleet composition and air quality, *Transportation Research*, Part D 23, 25-33.

Holman C, Harrison R, Querol X, 2015 : Review of the efficacy of low emission zones to improve urban air quality in European cities, *Atmospheric Environment*, 111, 161-169.

Senatsverwaltung für Gesundheit, 2011 : Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) : ein Jahr Umweltzone stufe 2 in Berlin, Wirkungsuntersuchungen.

Transport for London, 2010 : Travel in London, Report 3.

(2) On parle alors de retrofit. Toutefois, ce type de dispositif peut ne pas être efficace (plus d'informations dans l'avis de l'ADEME de juin 2014 « Émissions de particules et de NOx des véhicules routiers »).

(3) Synthèse disponible sur : www.ademe.fr : <http://www.ademe.fr/zones-dactions-prioritaires-lair-zapa-synthese-etudes-faisabilite-realisees-sept-collectivites-francaises>