

Note de synthèse

NOTE DE SYNTHÈSE METHODOLOGIQUE SUR LA CARACTERISATION DES SITUATIONS DE DEPASSEMENT DE SEUIL :

DELIMITATION DES ZONES DE DEPASSEMENT ET ESTIMATION DES POPULATIONS ET ECOSYSTEMES EXPOSES

Synthèse des études LCSQA et des échanges avec les AASQA lors de la Commission de suivi Emissions, Modélisation et Traitement de Données

Maxime Beauchamp, Laure Malherbe, Laurent Létinois,
Jérôme Drevet (INERIS)

SYNTHESE

La présente note synthétise la démarche à suivre pour caractériser une situation de dépassement et évaluer la population ou la surface de végétation/d'écosystème concernée par cette situation. Les recommandations émises dans ce document s'appuient sur les méthodologies étudiées par le LCSQA et discutées en Commission de suivi *Emissions, Modélisation et Traitement de Données*. Des exemples extraits des travaux du LCSQA sont fournis à titre d'illustration.

1. CONTEXTE

Conformément aux Directives européennes sur la qualité de l'air et à leur transposition en droit français, les AASQA doivent caractériser les situations de dépassement de seuil dans les zones dont elles assurent la surveillance. Pour tout dépassement observé, il convient de délimiter la zone géographique touchée par le dépassement, d'en évaluer la surface et d'estimer, selon le cas, la population résidente (seuil pour la protection de la santé) ou la superficie d'écosystème/de végétation (seuil pour la protection de la végétation) incluse dans cette zone.

2. INTRODUCTION

Cette note synthétise sous forme d'orientations méthodologiques les travaux réalisés par le LCSQA sur l'estimation des populations exposées aux dépassements de seuils réglementaires. Elle étend également ces orientations à l'estimation de la végétation et des écosystèmes exposés.

Elle s'organise par échelle spatiale (régionale, urbaine) et par type de seuil (protection de la santé, protection de la végétation et des écosystèmes).

L'ozone, les PM₁₀ et le NO₂, polluants pour lesquels des dépassements de valeurs cibles et limites sont observés, sont principalement concernés.

Les références bibliographiques associées aux méthodes présentées sont fournies à la fin de document.

Le contenu de cette note intègre les discussions qui ont eu lieu en Commission de suivi *Emissions, Modélisation et Traitement de Données* (CS EMTD). Il pourra être ultérieurement révisé, en concertation avec la CS, en fonction de l'expérience acquise.

3. METHODOLOGIE GENERALE

3.1 Estimation de la population exposée

Le calcul de la population exposée à un dépassement de seuil (valeur limite, valeur cible, objectif de long terme) se fait par croisement d'une cartographie spatialisée de la statistique concernée (moyenne annuelle, nombre de jours de dépassement, etc.) et d'une carte de population spatialisée.

Les techniques d'interpolation et d'analyse des cartographies pour disposer de cartes spatialisées de statistiques de pollution sont largement documentées dans les rapports LCSQA. Pour l'échelle urbaine, on se reportera notamment à Beauchamp et al. (2010) ou Beauchamp et al (2014). Pour la grande échelle, voir également Malherbe et Ung (2009) et Meleux et al. (2010).

La spatialisation des données de population se fait quant à elle d'après la méthodologie mise en place par le LCSQA à partir des données MAJIC. Cette approche dénommée « méthodologie MAJIC » est décrite dans Létinois et al. (2014). Les données résultantes sont des nombres d'habitants par bâtiment ou des nombres d'habitants agrégés par maille.

Le calcul de la population exposée au dépassement s'effectue maille à maille ou au prorata de la surface des bâtiments comprise dans la zone de dépassement (Beauchamp et al. 2015, *partie 3 : Surfaces en dépassement et Exposition de la population*).

En général, la statistique considérée est spatialisée sur un maillage. Dans certains cas, et en particulier avec l'interpolation de Delaunay (cf. Beauchamp et al., 2015), elle est spatialisée sous forme de polygones délimités par des isovaleurs. La carte de la population est alors directement croisée avec ces polygones. Le nombre d'habitants exposés au dépassement est estimé au prorata des surfaces de bâtiments qui intersectent les polygones définis comme étant en dépassement.

3.2 Estimation de la surface de végétation/d'écosystème exposée

Dans cette estimation, sont considérés conjointement les zones de végétation et les écosystèmes.

Le calcul de la surface de végétation/d'écosystème exposée à un dépassement de seuil (valeur cible, objectif de long terme, niveau critique) se fait par croisement d'une cartographie spatialisée de la statistique concernée et d'une carte d'occupation du sol.

Les zones de végétation sont définies à partir de données d'occupation du sol (Corine Land Cover ou autre base de données de plus haute résolution) et les écosystèmes à partir de la base de données des espaces protégés (Muséum National d'Histoire Naturelle, cf. méthodologie de définition des zones sensibles, Malherbe et al., 2010). L'union de ces différentes zones est prise en compte.

4. ECHELLE REGIONALE

4.1 Rappel des polluants principalement concernés par cette échelle et des objectifs environnementaux associés

Polluant	Objectifs environnementaux	Description
O ₃	Valeur cible pour la protection de la végétation	AOT ₄₀ de mai à juillet de 8h à 20h : 18 000 µg/m ³ .h en moyenne calculée sur 5 ans.
O ₃	Objectif de long terme pour la protection de la végétation	AOT ₄₀ de mai à juillet de 8h à 20h : 18 000 µg/m ³ .h pour une année civile.
O ₃	Valeur cible pour la protection de la santé	Maximum journalier de la moyenne O ₃ sur 8h : 120 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans.
O ₃	Objectif de long terme pour la protection de la santé	Maximum journalier de la moyenne O ₃ sur 8h : 120 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile.

Remarque : n'apparaissent pas dans ce tableau les niveaux critiques pour la protection de la végétation (SO₂, NO_x), aucun dépassement de ces seuils n'étant constaté en France.

4.2 Données d'entrée

4.2.1 Protection de la végétation

Type de données	Origine possible	Description	Echelle/résolution
Carte spatialisée de l'AOT ₄₀ moyenne sur les cinq dernières années	-Plateformes de modélisation régionales <u>OU</u> - Plateforme de modélisation nationale PREVAIR.	Carte de l'AOT ₄₀ , en moyenne sur 5 ans ou pour une année civile, construite à partir des sorties horaires de modélisation régionale corrigées à l'aide des données d'observation.	Ordre de grandeur de la résolution spatiale: ≤ 10 km
Carte des zones de végétation et écosystèmes	Base de données Corine Land Cover d'occupation des sols <u>ET</u> Zones naturelles protégées identifiées par le LCSQA dans la méthodologie Zones sensibles (2010)	Sont incluses dans les zones de végétation les classes Corine Land Cover suivantes : 1.4, 2 (tous les niveaux de la classe 2), 3 (tous les niveaux de la classe 3), 4 (tous les niveaux de la classe 4) et 5 jusqu'à la sous-classe 5.2.2 incluse (classe 5.2.3 exclue) ¹ . A ces classes, sont ajoutées les zones naturelles protégées appartenant aux catégories suivantes : protection de biotope, réserve naturelle nationale, réserve naturelle de Corse, parc national (zone de cœur et d'adhésion), parc naturel régional.	—

Les Figure 1 à Figure 3 montrent respectivement la carte analysée de l'AOT₄₀ moyen sur la période 2010-2014, la zone de dépassement de la valeur cible correspondante, et enfin le croisement de cette zone en dépassement avec les zones de végétation et écosystèmes.

¹ La base CORINE Land Cover ne permet pas nécessairement une description fine de l'usage des sols à l'échelle d'une région ou d'une agglomération. Si l'AASQA en dispose sur son territoire, des données d'occupation du sol plus détaillées peuvent être utilisées en complément ou en substitution de CORINE. Les classes d'occupation du sol prises en compte doivent couvrir les mêmes types de territoires que les classes CORINE listées dans le tableau ci-dessus.

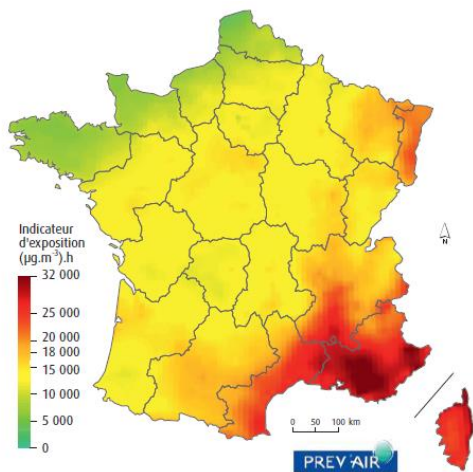


Figure 1 : AOT₄₀ moyen sur la période 2010-2014

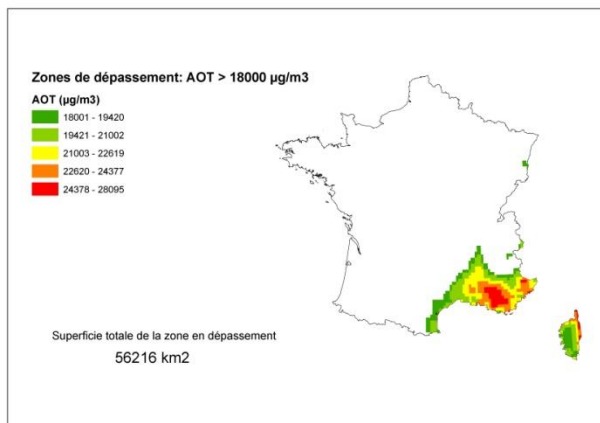


Figure 2 : Zone de dépassement, pour la période 2010-2014, de la valeur cible relative à l'AOT₄₀ moyen sur cinq ans

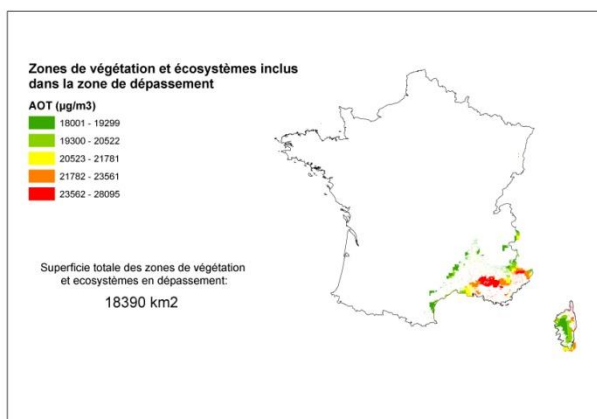


Figure 3 : Zones de végétation et écosystèmes inclus dans la zone de dépassement délimitée ci-dessus

4.2.2 Protection de la santé

Type de données	Origine possible	Description	Echelle/résolution
Carte spatialisée du nombre de dépassements du maximum journalier de la moyenne O ₃ sur 8h, en moyenne sur les trois dernières années	<p><i>-Plateformes de modélisation régionales</i></p> <p><u>OU</u></p> <p><i>- Plateforme de modélisation nationale PREV'AIR.</i></p>	Carte du nombre de dépassements du seuil relatif au maximum journalier de la moyenne O ₃ sur 8h, en moyenne sur 3 ans ou pour une année civile, construite à partir des sorties horaires de modélisation régionale corrigées à l'aide des données d'observation.	Ordre de grandeur de la résolution spatiale: ≤ 10 km
Carte de la population	<p><i>LCSQA</i></p> <p><u>OU</u></p> <p><i>AASQA</i></p>	Données de population spatialisées (sur les bâtiments ou sur un maillage) selon la méthodologie MAJIC définie dans Létinois, 2014.	Si les données de population sont agrégées par maille, la carte de population et la carte du nombre moyen de dépassements doivent avoir la même résolution spatiale.

Les Figure 1 et 5 montrent respectivement la carte analysée du nombre annuel de dépassements du seuil de 120 µg/m³ relatif au maximum journalier de la moyenne O₃ sur 8h, en moyenne sur la période 2012-2014, ainsi que la zone de dépassement de la valeur cible. Sur la Figure 5 est également précisé le nombre d'habitants résidant dans cette zone de dépassement.

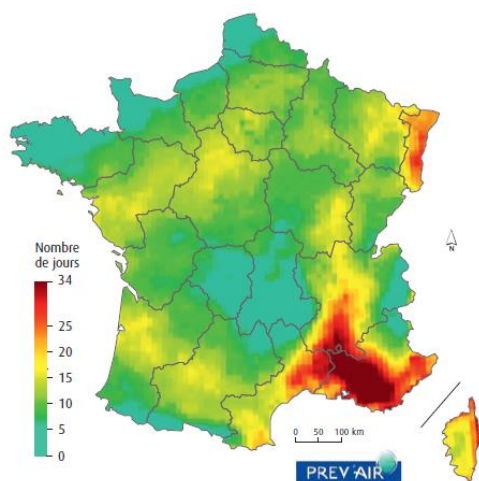


Figure 4 : Nombre moyen de dépassements du seuil de 120 µg/m³ relatif au maximum journalier de la moyenne O₃ sur 8h sur la période 2012-2014

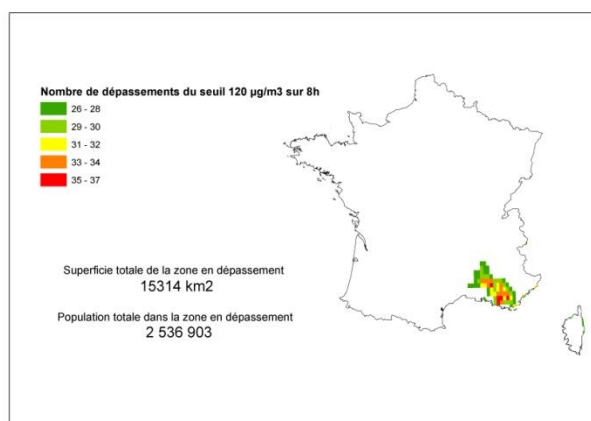


Figure 5 : Zone de dépassement de la valeur cible relative au maximum journalier de la moyenne O₃ sur 8h sur la période 2012-2014

5. ECHELLE URBAINE

5.1 Rappel des polluants principalement concernés par cette échelle et des objectifs environnementaux associés

Polluant	Objectifs environnementaux	Description
NO ₂	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	En moyenne annuelle, 40 µg/m ³ En moyenne horaire, 200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.
PM ₁₀	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	En moyenne annuelle, 40 µg/m ³ En moyenne journalière, 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.
PM _{2.5}	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	En moyenne annuelle, 25 µg/m ³

5.2 Données d'entrée

Type de données	Origine possible	Description	Echelle/résolution
Carte spatialisée de la statistique à croiser avec la population (moyenne annuelle NO ₂ , moyenne journalière PM ₁₀ , etc.)	AASQA	<p>Carte interpolée de la statistique calculée à partir des sorties brutes de modélisation urbaine. Les interpolateurs linéaires et de Delaunay sont à privilégier (Beauchamp et al., 2014). Il est également possible de recourir à une adaptation du krigeage selon la méthodologie proposée par le LCSQA (Annexe technique, Beauchamp et al., 2016).</p> <p>Si une méthode de correction est disponible, les sorties corrigées peuvent être utilisées si l'AASQA justifie de la validité de sa méthodologie.</p> <p><u>OU</u></p> <p>Carte construite à partir de campagnes de mesures sur la base de la méthodologie géostatistique décrite dans Beauchamp et al, 2010.</p>	<p>La plus fine possible pour prendre en compte l'influence des émissions liées au trafic routier.</p> <p>Ordre de grandeur : <= 50m, à affiner dans les centres urbains dans la mesure du possible</p>
	LCSQA <u>OU</u> AASQA	Données de population spatialisées (sur les bâtiments ou sur un maillage) selon la méthodologie MAJIC définie dans Létinois, 2014.	Si les données de population sont agrégées par maille, la carte de population et la carte de la statistique de concentration doivent avoir la même résolution spatiale.

Les figures ci-après montrent un exemple de carte interpolée à partir des sorties de modélisation ADSM-Urban sur le centre-ville d'Orléans en 2010 (Figure 6 : interpolation linéaire ; Figure 7 : interpolation par krigeage avec dérive polynomiale, selon Beauchamp et al., 2016). La Figure 8 est un exemple de carte construite à partir d'une campagne de mesure réalisée sur Troyes en 2009 sur la base de la méthodologie géostatistique préconisée par le LCSQA.

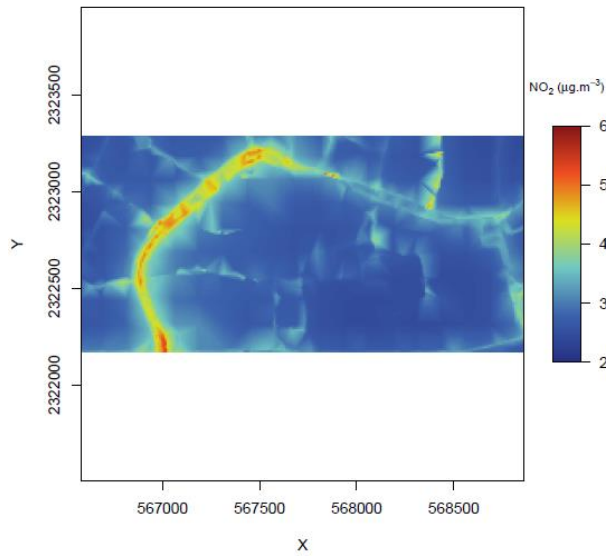


Figure 6 : Interpolation linéaire des sorties du modèle urbain ADMS-Urban sur le centre-ville d'Orléans en 2010. Surface en dépassement du seuil de 40 µg.m⁻³ estimée à environ 107000m².

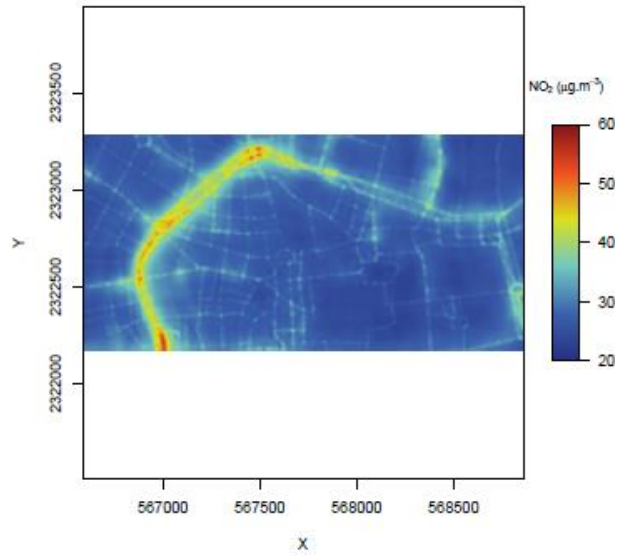


Figure 7 : Interpolation par krigeage avec dérive polynomiale des sorties du modèle urbain ADMS-Urban sur le centre-ville d'Orléans en 2010. Surface en dépassement du seuil de 40 µg.m⁻³ estimée à environ 80000m².

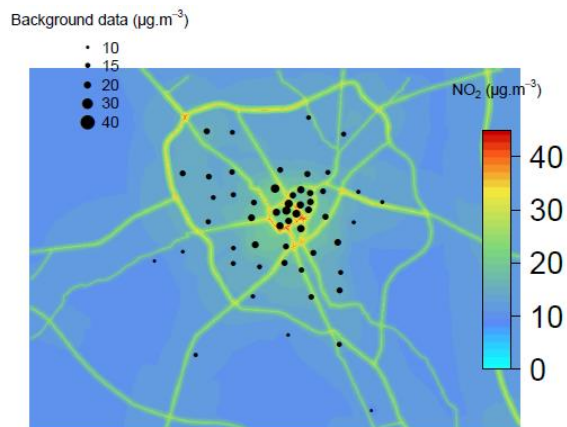


Figure 8 : Cartographie spatialisée de la campagne de mesures NO₂ réalisée sur l'agglomération de Troyes en 2009

6. DISCUSSION

6.1 Cas des grandes agglomérations

Les préconisations relatives aux zones urbaines (cf. §5) s'appliquent de la même manière aux grandes agglomérations. Dans le choix des points de modélisation et de la grille d'interpolation, il revient au modélisateur de trouver le meilleur compromis entre temps de calcul et précision de la cartographie.

6.2 Cas des dépassements liés à des sources industrielles

Il est recommandé d'appliquer la même méthodologie qu'à l'échelle urbaine, en utilisant des outils de modélisation adaptés à l'échelle spatiale et aux sources d'émissions considérées.

6.3 Calcul des statistiques et interpolation

Pour les statistiques qui s'expriment comme des cumuls (AOT₄₀) ou des nombres de dépassements de seuil, le LCSQA recommande de spatialiser préalablement les données d'entrée nécessaires au calcul, données qui peuvent être de résolution horaire ou journalière en fonction de la statistique considérée, et seulement ensuite de calculer les statistiques par maille, à partir de ces interpolations ou analyses.

Il est en revanche déconseillé de calculer directement la statistique à évaluer sur les points en sortie du modèle ou sur les stations de mesure, puis de procéder à une interpolation (ou une analyse si on prend en compte les observations) de cette statistique sur une grille régulière. Cette option peut néanmoins être utilisée si l'AASQA justifie de temps de calculs prohibitifs avec la méthode préconisée par le LCSQA.

6.4 Evaluation des modélisations

Les travaux conduits par le LCSQA ont permis d'identifier des méthodes d'interpolation adaptées aux données de modélisation à l'échelle urbaine. L'application de telles méthodes ne garantit cependant pas la qualité des estimations finales (zone en dépassement et population associée), qui demeure étroitement liée à la précision des modélisations.

Avant tout post-traitement, une évaluation approfondie des résultats de modélisation est préconisée, en accord avec les approches discutées en CS EMTD.

6.5 Résultats attendus

Pour chaque situation de dépassement identifiée par la mesure fixe, quelle que soit l'échelle spatiale, les AASQA devront fournir :

- une cartographie décrivant la zone de dépassement (contours et surface) ;

- si le seuil dépassé est un objectif environnemental pour la protection de la santé humaine, une estimation du nombre d'habitants inclus dans la zone de dépassement ;
- si le seuil dépassé est un objectif environnemental pour la protection de la végétation, une estimation de la surface de végétation/d'écosystème incluse dans la zone de dépassement ;

Le format de sortie (ASCII ou fichiers géoréférencés) sera défini après discussion en CS EMTD.

7. REFERENCES

Beauchamp M., Malherbe L. et Létinois L. Estimation de l'exposition des populations aux dépassements de seuils réglementaires. Rapport LCSQA 2014 et annexe complémentaire 2016 disponible sur le site du LCSQA : <http://www.lcsqa.org/rapport/2014/ineris/estimation-populations-exposees-aux-depassements-seuils-reglementaires-1-echelle>

Beauchamp M., Malherbe L. et Létinois, L. Application de méthodes géostatistiques pour la détermination de zones de représentativité en concentration et la cartographie des dépassements de seuils. Rapport LCSQA 2010 disponible sur le site du LCSQA : <http://www.lcsqa.org/rapport/2010/ineris/application-methodes-geostatistiques-determination-zones-representativite-concen>

Létinois L. Méthodologie de répartition spatiale de la population. Rapport LCSQA 2014 disponible sur le site du LCSQA : <http://www.lcsqa.org/rapport/2014/ineris/methodologie-repartition-spatiale-population>

Malherbe L. et Beauchamp M. Guide méthodologique pour le calcul des statistiques relatives à la surveillance de la qualité de l'air. Définitions, critères et règles de calcul. Rapport LCSQA à paraître en 2016.

Malherbe L. Méthodologie de définition des zones sensibles. Rapport LCSQA 2010 disponible sur le site du LCSQA : <http://www.lcsqa.org/rapport/2010/ineris/methodologie-definition-zonessensibles>.

Malherbe L., Ung A. Travaux relatifs à la plate-forme nationale de modélisation PREV'AIR : réalisation de cartes analysées d'ozone. Rapport LCSQA 2009 : <http://www.lcsqa.org/rapport/2009/ineris/travaux-relatifs-plate-forme-nationale-modelisation-pre-vair-realisation-cartes>

Meleux F., Malherbe L., Ung A. Travaux relatifs à la plateforme nationale de modélisation Prev'Air: Bilan des performances et bilans utilisateurs. Rapport LCSQA 2010 : <http://www.lcsqa.org/rapport/2010/ineris/travaux-relatifs-plateforme-nationale-modelisation-prev-air-bilan-performances-b>