 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 1 de 14

1 Détermination du bruit routier sur le réseau des RN

1.1 But de la fiche technique


- La présente fiche technique concrétise certaines questions relatives à la détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales.
- Fondamentalement, la détermination du bruit le long des routes nationales s'effectue selon les instructions de l'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) et du Manuel du bruit routier (publication OFEV/OFROU UV-0637). La présente fiche technique fournit des précisions complémentaires à ces instructions de base.

1.2 Bases essentielles pour la détermination du bruit routier

- Les documents de base essentiels pour la détermination du bruit routier sont énumérés ci-dessous:
 - Loi fédérale du 7.10.1983 sur la protection de l'environnement (LPE), RS 814.01.
 - Ordonnance du 15.12.1986 sur la protection contre le bruit (OPB), RS 814.41.
 - Loi fédérale du 22 juin 1979 sur l'aménagement du territoire (LAT), RS 700.
 - Ordonnance du 28 juin 2000 sur l'aménagement du territoire (OAT), RS 700.1.
 - Ordonnance du DFJP du 24 septembre 2010 sur les instruments de mesure des émissions sonores, RS 941.210.1.
 - Manuel du bruit routier, aide à l'exécution pour l'assainissement. L'environnement pratique, publication UV-0637, OFEV-OFROU, 2006.
 - Annexe 1 du Manuel du bruit routier: Valeurs caractéristiques des revêtements - Mode d'emploi pour l'application à l'acoustique des revêtements et Notice technique concernant le mesurage des qualités acoustiques des revêtements de route.
 - Modèle de calcul de bruit du trafic routier pour ordinateur. 1ère partie: Manuel d'utilisation du logiciel StL-86. Cahier de l'environnement, SRU-60, OFEV, 1987.
 - Communication concernant l'OPB n° 6: Bruit du trafic routier: Correction applicable au modèle de calcul du trafic routier. Publication MLSV-6, OFEV, 1995.
 - Communication concernant l'OPB n° 7: Méthode pour la détermination des valeurs extérieures des immissions avec des fenêtres fermées. Publication MLSV-7, OFEV, 1995.

1.3 Domaine d'application, compétences

- La présente fiche technique s'applique à toutes les études de bruit concernant les routes nationales.
- La détermination du bruit routier, au sens de cette fiche technique, inclut l'élaboration d'un modèle de calcul tridimensionnel, l'accomplissement de mesurages acoustiques pour la vérification / calibration du modèle, la définition des éventuelles corrections du modèle ainsi que le calcul des charges de bruit et leur évaluation à l'aide des valeurs limites en vigueur. Les prestations et étapes de travail correspondantes sont à mettre en application lors de chaque pronostic de bruit. D'autres prestations en relation avec le traitement de la problématique du bruit sur le réseau des routes nationales, notamment celles spécifiques à certaines phases de projets, sont décrites dans des fiches techniques du manuel technique tracé / environnement séparées.
- Les prestations en relation avec la détermination du bruit routier ne doivent être fournies que par des spécialistes reconnus (p.ex. dipl. acousticien SSA).

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 2 de 14

1.4 Principes fondamentaux

- Les charges de bruit sont exprimées sous la forme du niveau d'évaluation Lr et déterminées par calcul à l'aide d'un modèle de terrain tridimensionnel (cf. chap. 2), en appliquant les algorithmes du modèle de calcul StL-86+ sur la base de données de trafic uniformisées (cf. fiche technique 20001-20001).
- La plausibilité des pronostics de bruit doit être vérifiée à l'aide de mesurages acoustiques (cf. chap. 3). En cas de divergence entre les pronostics du modèle et les mesurages acoustiques, le modèle doit être calibré à l'aide de corrections spécifiques (cf. chap. 4). Les corrections du modèle permettent de prendre en compte des facteurs d'influence locaux dépendant de la situation en présence.
- Les charges de bruit calculées, ainsi que d'autres données significatives, sont consignées et gérées dans un cadastre du bruit central (LBK) valable pour l'ensemble du réseau des routes nationales (cf. fiche technique FHB T/U 21001-20104). Le cadastre du bruit est actualisé systématiquement dans le cadre des études de bruit en cours.

1.5 Prestations pour la détermination du bruit routier

- Elaboration d'un modèle tridimensionnel pour le calcul du bruit (chap. 2).
- Mise en oeuvre de mesurages acoustiques pour la calibration du modèle de calcul (chap.3).
- Fixation des corrections du modèles pour la prise en compte des facteurs d'influence spécifiques à la situation en présence, puis synthèse des résultats des mesurages et des corrections du modèle dans un rapport préliminaire (chap.4).
- Calcul des immissions de bruit et évaluation à l'aide des valeurs limites en vigueur (chap.5).

1.6 Résultat


- Modèle de calcul calibré contenant un modèle de terrain, les obstacles et ouvrages d'art significatifs pour le bruit, les sources de bruit routier, les points d'évaluation et les données de base de l'aménagement du territoire.
- Rapport préliminaire Mesurages acoustiques et corrections du modèle (exemple de rapport prochainement sous: www.astra.admin.ch)
- Niveaux d'évaluation du bruit Lr (corrections du modèle incluses) séparés pour les périodes de jour et de nuit, au minimum pour chaque étage et pour tous les bâtiments et parcelles non bâties à l'intérieur du périmètre de l'étude.

2 Elaboration du modèle de calcul 3D

2.1 Principes fondamentaux

2.1.1 Etendue du modèle de calcul

- L'une des conditions primordiales pour le calcul du bruit routier est l'élaboration d'un modèle de calcul tridimensionnel contenant les éléments suivants:
 - Modèle d'altitude (surface du terrain)
 - Obstacles significatifs et surfaces réfléchissantes (mesures de protection contre le bruit, etc.)
 - Sources de bruit routier directes (segments d'émission) et indirectes (portails de tunnels, galeries)
 - Points d'évaluation
 - Données de l'aménagement du territoire (DS, année de construction / équipement, etc.)

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 3 de 14

- Ces éléments sont à collecter et à saisir dans la totalité du périmètre d'étude. Le périmètre d'étude inclut toutes les portions de territoire dans lesquelles les charges de bruit sont supérieures ou égales à la limite „VLI-5 dBA“.

2.1.2 Programme de calcul du bruit

- Selon l'annexe 2 de l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB), l'office fédéral de l'environnement (OFEV) détermine les procédés d'expertise, de mesure et de calcul pour les études de bruit. En Suisse, les algorithmes du modèle StL-86+ s'appliquent de manière standard.
- Le programme de calcul utilisé pour les pronostics de bruit doit impérativement contenir le modèle StL-86+ et remplir les tâches test définies par la Société Suisse d'Acoustique (SSA) pour la déclaration de conformité (bruit routier, version 1.0, août 2003). Entre autres, les programmes CadnaA (Datakustik GmbH) et SLIP (Grolimund & Partner AG) sont reconnus.

2.1.3 Configuration pour les calculs

- Chaque programme dispose d'options de calcul librement modifiables et qui, selon l'utilisateur et la situation en présence, peuvent conduire à des résultats différents et ainsi altérer aussi bien la fiabilité que la reproductibilité des pronostics. Pour des situations standard, il est par conséquent recommandé d'utiliser les options de configuration uniformisées suivantes:

Paramètres		Configuration
Général:	Prise en compte de la topographie du terrain	Triangulation
	Modèle (algorithmes)	Conforme à STL-86+
	Distance min. source - récepteur	0 m
	Rayon de recherche max. autour des sources	5000 m
	Absorption du sol (majoritairement absorbant)	1.0
Réflexions:	Ordre de réflexion max.	1 fois
	Réflecteurs: Rayon de recherche autour des sources	100 m
	Réflecteurs: Rayon de recherche autour des récepteurs	500 m
	Distance max. source - récepteur	5000 m
	Distance min. récepteur - réflecteur	1 m
	Distance min. source - réflecteur	0.1 m

Tableau 1: Configuration pour les calculs de bruit à l'aide de programmes informatiques


2.1.4 Compatibilité avec le cadastre du bruit

- Lors de la création d'un modèle de calcul 3D, les données / éléments du cadastre du bruit déjà disponibles et encore utilisables (p.ex. points d'évaluation, attributs des bâtiments, segments d'émissions, etc.) doivent être intégrés et au besoin actualisés.
- Pour assurer l'échange de données entre les programmes informatiques et le cadastre du bruit, il est indispensable de respecter certaines conventions d'écriture et en particulier, des exigences strictes vis-à-vis de l'identification des éléments. Des explications plus détaillées à ce sujet sont disponibles dans la fiche technique FHB T/U 21001-20104 et dans la documentation *IT 68014 MISTRA LBK Solution transitoire, Manuel de saisie des données*.

2.2 Modèle d'altitude

2.2.1 Prestations

- Création d'un modèle d'altitude digital (surface du terrain).

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 4 de 14

2.2.2 Données de base

- Pour le modèle d'altitude, des données de Swisstopo sont disponibles. Les courbes de niveau doivent être commandées spécifiquement pour chaque projet auprès de Swisstopo, par l'intermédiaire de MISTRA Gestion opérationnelle (mistrauser@astra.admin.ch), à l'aide du formulaire prévu à cet effet. Les données sont ensuite livrées par Swisstopo directement aux bureaux d'ingénieurs.
- En général, les données suivantes sont nécessaires pour le modèle d'altitude:
 - Swisstopo MNS (BRUT, GRID 2m).

2.2.3 Explications

- L'interpolation / la modification des courbes de niveau dans un programme de calcul ou dans une application SIG est sous la responsabilité du mandataire. A proximité de l'autoroute, une résolution verticale de 0.5 m est nécessaire. Pour ne pas entraver trop fortement la capacité de calcul du programme, il est recommandé de choisir une résolution plus faible (1.0 m) pour les zones situées à plus grande distance de la route (distance supérieure à 300m).
- La plausibilité du modèle d'altitude doit être vérifiée soigneusement (moyens de contrôle: relevés de terrain, plans détaillés).

2.3 Obstacles significatifs et surfaces réfléchissantes

2.3.1 Prestations


- Introduction dans le modèle de calcul de tous les obstacles et de toutes les surfaces réfléchissantes sur le chemin de propagation, notamment:
 - Bâtiments
 - Mesures de protection antibruit (parois, remblais, couvertures, habillages absorbants)
 - Ouvrages d'art ou éléments du tracé avec effet de protection acoustique (p.ex. murs de soutènement, déblais)

2.3.2 Données de base

- Pour les bâtiments:
 - Swisstopo, données swissBUILDINGS3D (commande selon chap. 2.2.2)
 - Relevés de terrain
- Pour tous les autres ouvrages d'art et obstacles significatifs sur le plan acoustique:
 - Plans de l'ouvrage d'art (plans détaillés, coupes)
 - Relevés de terrain
 - Données acquises par différents systèmes de Mobile Mapping

2.3.3 Explications

- Les réflexions aux bâtiments, parois antibruit et autres ouvrages d'art significatifs sur le plan acoustique sont à prendre en compte dans le modèle de calcul en tenant compte de leurs propriétés acoustiques respectives (réfléchissant, absorbant, etc.). Sur les tronçons à ciel ouvert, le calcul des réflexions de premier ordre est en général suffisant.
- La différenciation entre remblai antibruit et élément du tracé (p.ex. déblai) est souvent difficile. Les remblais et talus antibruit sont à considérer comme des mesures de protection contre le bruit seulement lorsqu'ils sont déclarés comme tels et avec une efficacité acoustique „consciente“ dans la décision d'approbation des plans (DAP) ou dans le projet définitif correspondant. Dans le cas contraire, ces éléments sont à considérer comme des éléments du tracé.
- Les mesures de protection contre le bruit, les ponts et les tunnels doivent être étiquetés dans le modèle de calcul, au mieux à l'aide du numéro d'identification de l'objet et d'une description appropriée.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 5 de 14

2.4 Sources de bruit routier

2.4.1 Prestations

- Définition des sources de bruit routier significatives, division en segments d'émission aux propriétés acoustiques homogènes, calcul des valeurs d'émission correspondantes. Modélisation sous forme d'éléments routiers dans le modèle de calcul (sources linéaires).
- Définition d'autres sources de bruit liées au trafic et possédant des propriétés acoustiques complexes telles que les portails de tunnels et les ouvertures de galeries. Modélisation à l'aide de méthodes reconnues.
- Représentation des joints de chaussée significatifs sur le plan acoustique (pas de modélisation nécessaire).

2.4.2 Données de base

- Segments d'émission déjà disponibles dans le cadastre du bruit (cf. fiche technique 21001-21004).
- Pour la définition / actualisation des segments d'émission et le calcul des valeurs d'émission correspondantes, les données suivantes sont requises:

- **Trafic**

Les valeurs de trafic détaillées et uniformisées (TJM, Nt, Nn, Nt2, Nn2) du plan des émissions de base pour l'état actuel et l'horizon d'évaluation (cf. fiche technique 20001-20001) constituent la base la plus importante pour le calcul des niveaux d'émission L_{r,e} à l'aide du modèle StL-86+.

- **Vitesse**

La vitesse signalisée est utilisée indifféremment pour toutes les catégories de véhicules dans le modèle StL-86+. Cette hypothèse constitue une condition de base pour l'utilisation du modèle StL-86+. Ceci vaut également lorsque la vitesse est limitée à 100 ou 120 km/h, bien que cette marque ne soit généralement pas atteinte par les poids-lourds.

- **Pente**

La pente d'un segment d'émission peut être déterminée au mieux dans le modèle de calcul 3D. Selon l'OPB, seules les pentes supérieures à 3% sont significatives sur le plan acoustique.

- **Revêtements de route**


Pour la détermination du bruit, il est nécessaire de recueillir des informations sur le type, la granulométrie et l'année de pose des couches de roulement situées sur la voie normale et sur la/les voie(s) de dépassement. Par exemple: SMA11 (1999). Lorsque les couches de roulement varient fortement, il est recommandé, avant d'entamer la définition des segments d'émission, de simplifier les sections de revêtements en fonction de leur importance sur le plan acoustique.

- **Corrections des valeurs d'émission**

Prise en compte des corrections pour les valeurs d'émission selon le chapitre 4.

2.4.3 Explications

- Fondamentalement, les sources de bruit routier déterminantes pour les calculs sont les tronçons de routes inscrits dans le réseau des routes nationales, ce qui inclut les axes principaux, les entrées, les sorties ainsi que les routes de raccordement. Selon la situation en présence ou la problématique à traiter, il peut devenir nécessaire d'inclure d'autres axes routiers, par exemple lorsqu'une région à évaluer se situe dans la zone d'influence d'une autoroute et d'une route cantonale simultanément.
- Les axes principaux doivent être modélisés à l'aide de sources séparées pour chaque direction.
- Lors de la définition de nouveaux segments d'émission, il est nécessaire de constituer des unités aux propriétés acoustiques homogènes en tenant compte parallèlement des quantités de trafic, de la vitesse, de la pente, des revêtements et des corrections appliquées aux émissions. Les limites entre

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 6 de 14

deux segments d'émission adjacents sont ainsi marquées par la variation d'au moins un de ces paramètres. Par exemple:

- Entre deux jonctions, et à l'intérieur de celles-ci, entre les entrées et sorties de l'autoroute.
- Lors d'une variation significative du revêtement, de la vitesse, de la pente ou d'une correction.
- Aux portails des tunnels et couvertures (valeur d'émission dans les tunnels = 0) ainsi qu'à l'entrée et à la sortie des galeries et des semi-couvertures (valeur d'émission et propagation à modéliser à l'aide de méthodes spéciales).
- Pour les illustrations, il est recommandé de recourir à une dénomination facilement compréhensible en complément des identificateurs définis dans le cadastre du bruit (LBK). Par exemple:
 - *N06-28-TH-1a_Ostring - Couverture Sonnenhof* (numéro de la route et du tronçon, direction, numéro de segment attribué librement, description des limites du segment en mots).
- Le modèle StL-86+ ne propose aucune méthode spécifique pour le traitement du bruit aux alentours de portails de tunnels routiers. Pour ceci, il est nécessaire de se référer à la publication suivante:
 - *Die Lärmabstrahlung von Strassentunnelportalen*. Mandats de recherche 25/77 et 16/82 de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). EMPA Dübendorf, Balzari & Schudel Bern, déc. 1983.
- Le traitement de certaines constructions antibruit particulières telles que les galeries, confinements munis d'ouvertures pour l'aération etc. nécessite d'avoir recours à des méthodes d'étude spéciales, comme par exemple l'utilisation de sources de remplacement, de modèles réduits ou de procédés de calcul basés sur la théorie ondulatoire. Les pronostics du modèle pour des situations aussi compliquées doivent impérativement être validés à l'aide de mesurages acoustiques.
- Les joints de chaussée ne doivent pas être modélisés, mais pris en compte sous la forme d'une correction de niveau sur les valeurs d'immissions.

2.5 Points d'évaluation

2.5.1 Prestations

- Introduction d'au moins 1 point d'évaluation par étage et sur la façade la plus exposée de chaque bâtiment à usage sensible au bruit contenu dans le périmètre d'étude. Selon la situation, il peut s'avérer nécessaire d'introduire des points supplémentaires.

2.5.2 Données de base

- Points d'évaluation déjà définis dans le cadastre du bruit (cf. fiche technique 21 001-21004).
- Relevés de terrain pour la saisie des points d'évaluation dans le modèle.


2.5.3 Explications

- Pour les bâtiments, les points d'évaluation sont à placer au milieu de la fenêtre ouverte des locaux à usage sensible au bruit. Dans les zones à bâtir non construites, les points d'évaluation sont à placer là où, conformément au droit sur l'aménagement du territoire et des constructions, pourront être érigés des bâtiments comprenant des locaux à usage sensible au bruit.

2.6 Données de l'aménagement du territoire

2.6.1 Prestations

- Introduction des zones à bâtir avec leurs degrés de sensibilité (DS) respectifs dans le modèle.
- Vérification de l'affectation et de la „sensibilité au bruit“ de tous les bâtiments et de toutes les parcelles non construites dans le périmètre d'étude.
- Clarification de l'année de construction des bâtiments sensibles au bruit et de l'année d'équipement (viabilisation) des zones à bâtir dans le périmètre d'étude.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 7 de 14


- Détermination des valeurs limites à appliquer pour chaque point d'évaluation introduit.
- Illustration de toutes les données de base de l'aménagement du territoire dans le modèle de calcul, en respectant les conventions fixées et décrites dans la fiche technique 20001-20004.

2.6.2 Données de base

- Données de l'aménagement du territoire déjà contenues dans le cadastre du bruit (cf. 21001-20104).
- Les données de l'aménagement du territoire suivantes sont nécessaires pour l'ensemble du périmètre étudié:
 - **Zones à bâtir, degrés de sensibilité au bruit**
 Les informations concernant les zones à bâtir et les degrés de sensibilité peuvent être collectées sur les portails Internet SIG des cantons ainsi que dans les règlements de construction et d'aménagement communaux.
 - **Utilisation et sensibilité au bruit**
 L'utilisation des bâtiments doit être vérifiée sur place et au minimum pour chaque étage lors des relevés de terrain. Dans certains cas, une différenciation de l'utilisation par façade peut être judicieuse. Les utilisations réputées "sensibles au bruit" sont énumérées dans le manuel du bruit routier (fig. 6).
 - **Date du permis de construire, date d'équipement**
 Les informations concernant l'année de construction des bâtiments sont contenues dans le registre fédéral des bâtiments et des logements (RegBL) de l'office fédéral de la statistique. Des données manquantes ou supplémentaires peuvent être obtenues auprès des communes.
 Les informations concernant l'année d'équipement des zones à bâtir (et des parcelles qu'elles contiennent) sont à demander auprès des communes.
 - **Valeurs limites**
 L'évaluation du bruit routier s'effectue à l'aide des valeurs limites selon l'annexe 3 de l'OPB.

2.6.3 Explications

- Les indications concernant l'année de construction des bâtiments et la date d'équipement des zones à bâtir sont nécessaires à la vérification de l'obligation d'assainir conformément au tableau 2 du manuel du bruit routier, c'est-à-dire concrètement pour la vérification du droit à des mesures antibruit dans le cas de bâtiments sensibles au bruit existants (cf. art. 1 §. d,e, art. 10, art. 15 OPB) et de parcelles non construites (cf. art. 30 OPB) avec un dépassement des valeurs limites. La question primordiale est de savoir si les bâtiments et les parcelles ont été construits, respectivement équipés, avant ou après le 1.1.1985.
- Certaines informations du registre fédéral des bâtiments et des logements (RegBL), géré par l'office fédéral de la statistique, sont en général disponibles sous forme de couche d'information dans le cadastre du bruit (cf. 21001-20104), où elles sont régulièrement actualisées. Les données RegBL contiennent l'adresse, l'affectation, le nombre d'unités d'habitation, le nombre d'étages ainsi que le numéro EGID de tous les bâtiments. D'autres informations utiles, comme p. ex. l'année de construction, peuvent manquer dans le cadastre. La commande de données RegBL supplémentaires ou nouvelles est possible en tout temps.
- La marche à suivre pour la commande de données RegBL est la suivante:
 - Demande écrite de l'OFROU à l'OFS (décrire les données voulues et l'utilisation prévue). Département fédéral de l'intérieur DFI, Office fédéral de la statistique OFS, Division REG, Section GEWO.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 8 de 14

3 Accomplissement de mesurages acoustiques

3.1 Principes fondamentaux

3.1.1 Exigences relatives aux appareils de mesure

- Les exigences minimales relatives aux appareils de mesure admis pour les mesurages acoustiques sont définies dans l'ordonnance du DFJP du 24 septembre 2010 sur les instruments de mesure des émissions sonores (RS 941.210.1). Fondamentalement, seuls les appareils de la classe de précision 1 munis d'un certificat valable de l'office fédéral de métrologie (METAS) peuvent être utilisés pour les mesurages du bruit routier.
- Les dosimètres de la classe de précision 2, adaptés aux mesurages dans le cadre de l'ordonnance son et laser (OSLa, RS 814.49), ne sont pas admis pour les mesurages selon l'OPB.

3.1.2 Exigences relatives à l'emplacement des mesures


- Les pronostics de bruit obtenus avec le modèle 3D doivent toujours être validés et calibrés à l'aide de mesurages acoustiques. Les emplacements des mesurages explicitement sélectionnés dans ce but doivent pouvoir être reproduits de manière réaliste dans le modèle, c'est à dire représenter des situations de propagation du bruit simples et compréhensibles. L'objectif principal des mesurages est la mise en évidence de tous les paramètres variables que constituent l'état du revêtement, la composition du parc de véhicules et les conditions de propagation locales (influence nocturne, stratification thermique, vent, situation à flanc de coteau etc.).
- Les mesurages destinés à la calibration du modèle de calcul doivent toujours être reproductibles. Ils sont ainsi accomplis sous des conditions normales, par temps sec et en l'absence de vent.
- En fonction de la problématique et des objectifs, il est possible d'effectuer des mesurages à une fenêtre ouverte ou fermée, voire même en champ libre. Chaque dispositif comporte des avantages et des inconvénients. Il incombe au mandataire en charge de l'élaboration du concept de la campagne de mesurage de choisir le type d'emplacement adéquat en fonction des objectifs fixés.

3.1.3 Normalisation des valeurs mesurées

- Afin de permettre une comparaison des valeurs mesurées avec les pronostics du modèle StL-86+, le trafic est toujours compté manuellement ou automatiquement pendant les mesurages. Le bruit mesuré peut ainsi être converti en moyenne annuelle sur la base du "trafic mesuré" (normalisation).
- Les quantités de trafic enregistrées par les postes de comptage automatiques de l'OFROU sont à utiliser lorsque cela est possible. L'utilisation de ces données nécessite en premier lieu une redistribution des classes de véhicules (SWISS10) en 2 catégories (N1, N2) conformément à l'OPB:

Postes de comptage automatiques OFROU	Ord. protection contre le bruit	
Classes de véhicules d'après SWISS10	N1	N2
01: Car / Bus		100%
02: Motocycle		100%
03: Voiture de tourisme	100%	
04: Voiture de tourisme avec remorque	100%	
05: Voiture de livraison	50%	50%
06: Voiture de livraison avec remorque	50%	50%
07: Voiture de livraison avec galerie	50%	50%
08: Camion		100%
09: Train routier		100%
10: Véhicule articulé		100%

Tableau 2: Redistribution des catégories de véhicules selon SWISS 10 dans les catégories de l'OPB.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 9 de 14

3.2 Prestations

- Elaboration d'un concept pour la campagne de mesurage (étape clé dans le cadre des études du bruit sur les routes nationales) en respectant la marche à suivre suivante:
 - Définition provisoire des segments d'émission d'après le chap. 2.4.
 - Définition et exposé des objectifs poursuivis avec les mesurages prévus (p.ex. calibration du modèle de calcul, vérification de la correction pour le revêtement, définition d'une correction nocturne, s'attirer la confiance des riverains, etc.). L'accent est à mettre sur l'un ou l'autre des objectifs en fonction de la situation concrète du projet.
 - Fixation du nombre de mesurages acoustiques nécessaires, avec à titre indicatif:
 Par agglomération: env. 2-3 mesurages de courte durée (KZM) et éventuellement 1 mesurage de longue durée (LZM).
 Par segment de route principal (entre 2 jonctions): min. 3 mesurages de courte durée et 1 LZM.
 - Tenue de réunions techniques/de projet en fonction des besoins.
- Accomplissement des mesurages à l'aide de diverses méthodes selon les explications du chap. 3.4.
- Documentation des résultats des mesurages dans des protocoles et dans le *Rapport préliminaire Mesurages acoustiques et corrections du modèle* (cf. chap. 4).

3.3 Résultat

- Protocoles de tous les mesurages acoustiques effectués avec les informations suivantes: Lieu et conditions du mesurage, description de l'emplacement exact et du dispositif, emplacement des comptages de trafic, graphique de l'évolution du niveau de bruit, résultats des mesurages (sans/avec normalisation) et écart par rapport au modèle StL-86+.

3.4 Explication des méthodes de mesurage


3.4.1 Mesurages de courte durée (KZM)

- Des mesurages de courte durée sont à mettre en oeuvre systématiquement lors de chaque étude de bruit (cf. chap. 3.2).
- Durée: Les KZM sont des mesurages du bruit routier global, généralement pendant 60 minutes au moins. En cas de trafic élevé, la durée peut être réduite à 45 voire 30 minutes.
- Trafic mesuré: Les volumes de trafic partiels N1 et N2 (selon l'OPB) sont comptés à la main simultanément aux KZM et redistribués comme suit: 100% des voitures dans N1, 100% des poids-lourds et motocycles dans N2, 50% des véhicules de livraison respectivement dans N1 et N2.
- But: Calibration du modèle de calcul (fixation des corrections du modèle), vérification du respect des valeurs limites dans des situations difficilement modélisables.
- Emplacement des mesurages: En champ libre (seulement si reproductible), à une fenêtre ouverte (mesurage strictement d'après l'OPB), éventuellement devant (à 5 mm) la fenêtre fermée ou contre une façade sous certaines conditions¹.

3.4.2 Mesurages de longue durée (LZM)

- Des mesurages de longue durée sont à mettre en oeuvre systématiquement lors de chaque étude de bruit (cf. chap. 3.2).

¹ Lorsqu'un mesurage est effectué devant une fenêtre fermée, les spécifications de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) de mars 2015 sont à respecter en appliquant une correction de -5 dBA au niveau de bruit mesuré (correction de dispositif).

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 10 de 14

- **Durée:** Les LZM sont des mesurages du bruit routier global durant 36 heures au moins (dont 2 nuits), dans l'idéal de 7 jours (dont 5 jours de semaine + 2 jours de week-end).
- **Trafic mesuré:** Dans l'idéal, le trafic écoulé durant les LZM est obtenu à partir de postes de comptage de l'OFROU situés à proximité (données disponibles avec une résolution temporelle d'1/2 heure). Le recours à un radar mobile latéral n'est pas recommandé pour le comptage du trafic.
- **But:** Calibration du modèle de calcul (fixation des corrections du modèle, en particulier de la correction nocturne selon le chap. 4).
- **Emplacement des mesurages:** Dans un lieu quelconque protégé des intempéries (dans ce cas, la correction de dispositif correspondante doit être déterminée sur place), éventuellement devant (à 5 mm) la fenêtre fermée ou contre une façade sous certaines conditions¹. Lors de la sélection des emplacements pour les LZM, il est judicieux de vérifier si un poste de comptage automatique de l'OFROU (poste de comptage SWISS10) est présent à proximité pour le tronçon de route mesuré.

3.4.3 Mesurages acoustiques des revêtements

- Les mesurages de revêtements ne doivent pas être mis en oeuvre systématiquement lors de chaque étude de bruit (cf. chapitre 3.2).
- **But:** Les mesurages de revêtements permettent de connaître les qualités acoustiques des différentes surfaces routières et en particulier, de contrôler si les revêtements peu bruyants nouvellement posés remplissent les objectifs fixés en matière d'efficacité acoustique (cf. chap. 3.4.4). Ces mesurages servent ainsi simultanément à la calibration du modèle ainsi qu'à la détermination et la vérification de la correction de niveau acoustique pour les revêtements.
- Les méthodes de mesurage valables en Suisse pour la détermination des propriétés acoustiques des revêtements de route sont décrites dans l'annexe 1 du manuel du bruit routier. .
- S'il s'avère que le mesurage de revêtements est exceptionnellement nécessaires dans le cadre d'un relevé d'état bruit (ZEL) ou d'un projet de protection contre le bruit (LSP), les méthodes SEM et SEM peuvent être mises en oeuvre, mais pas la méthode CPX.
- En 2009, les propriétés acoustiques des revêtements en place ont été mesurées de manière généralisée sur l'ensemble du réseau des routes nationales à l'aide de la méthode CPX (Close-Proximity-Method). Comme il n'existe à l'heure actuelle encore aucune solution claire et simple pour l'utilisation de ces données dans le cadre des études de bruit, les résultats de cette campagne sont à utiliser selon les indications du chapitre 4.4.2.


3.4.4 Mesurages après la réalisation de mesures antibruit (mesurages de réception)

- La réalisation de mesures de protection contre le bruit nouvelles ou supplémentaires entraîne une modification de la situation acoustique et rend ainsi nécessaire la mise en oeuvre d'une nouvelle étude de bruit ainsi que de nouveaux mesurages acoustiques.
- **But:** Calibration du modèle de calcul adapté à la nouvelle situation à l'aide de mesurages acoustiques. Exceptionnellement, les mesurages permettent de contrôler directement l'efficacité acoustique des mesures de protection contre le bruit.
- Les revêtements peu bruyants posés en vue d'une réduction du bruit (p.ex. ACMR8) doivent être observés au moyen d'un monitoring complet étalé sur 5 ans conformément à l'annexe 1 du manuel du bruit routier (voir plus haut).

4 Fixation des corrections du modèle

4.1 Principes fondamentaux

- La fixation des corrections du modèle constitue une étape clé dans la détermination du bruit des routes nationales. Les corrections par rapport au modèle StL-86+ doivent être justifiées sur la base

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 11 de 14

des résultats de mesurages normalisés (cf. chap. 3). Les corrections et les résultats des mesurages doivent être documentés ensemble sous la forme du *Rapport préliminaire Mesurages acoustiques et corrections du modèle* (exemple prochainement sous www.astra.admin.ch). Des séances techniques sont à prévoir si nécessaire, par exemple en cas d'incertitude concernant la fixation des corrections.

4.2 Prestations

- Comparaison des pronostics du modèle avec les niveaux de bruit mesurés et normalisés.
- Fixation des corrections du modèle en tenant compte des règles fondamentales suivantes:
 - Fixation des corrections du modèle en procédant de manière itérative. Le champ d'application d'une correction donnée doit être apprécié en tenant compte simultanément de la situation globale (milieu bâti, position par rapport à la route, météorologie, protection par des obstacles) et des résultats (différences par rapport à StL86+) des mesurages acoustiques voisins.
 - Parmi les corrections du modèle StL-86+ et du modèle de calcul 3D, il faut distinguer les corrections au niveau des émissions et celles au niveau des immissions. Les premières sont prises en compte à la source, c'est-à-dire dans le niveau d'émission des segments concernés. Les secondes s'appliquent aux récepteurs, c'est-à-dire au niveau de bruit des points d'évaluation.
 - Une correction donnée est à prendre en compte partout là où la justification proposée s'applique.
- Elaboration du *Rapport préliminaire Mesurages acoustiques et corrections du modèle* contenant:
 - Commentaires sur les résultats des mesurages ainsi que sur les différences entre les mesurages et les pronostics du modèle, en distinguant clairement les mesurages utilisés pour la définition des corrections de ceux utilisés pour l'estimation de conditions de propagation particulières.
 - Plan d'ensemble des mesurages et des corrections avec leurs champs d'application respectifs.
 - Tableau synoptique de la normalisation des mesurages acoustiques (moyen de vérification).
 - Protocoles des mesurages acoustiques.

4.3 Résultat

- Rapport préliminaire *Mesurages acoustiques et corrections du modèle* avec les annexes correspondantes (voir exemple ci-après).
- Modèle de calcul 3D calibré pour la détermination définitive des niveaux de bruit

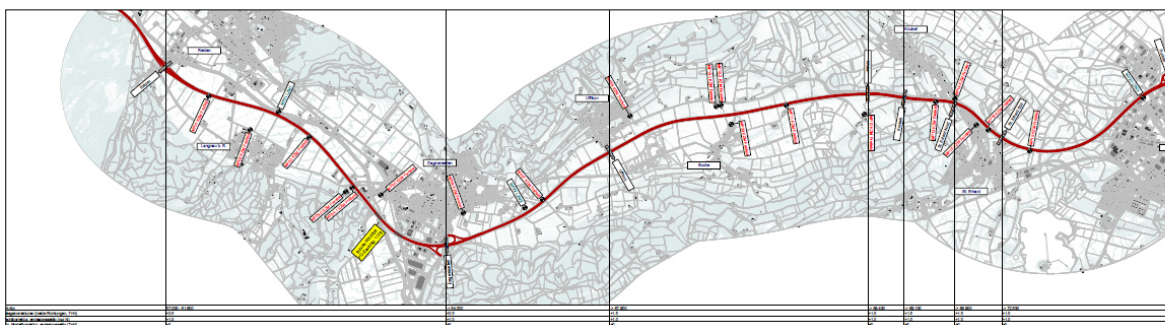



Figure 1: Exemple de plan d'ensemble des mesurages et des corrections du modèle avec champs d'application respectifs.

4.4 Explication des corrections du modèle

4.4.1 Correction pour la pente

- Validité: Au niveau des émissions, jour et nuit.
- Selon l'annexe 3 de l'OPB, cette correction s'applique à partir d'une pente supérieure à 3%.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 12 de 14

- Bien que les deux directions des routes nationales soient modélisées séparément, il n'y a pas de distinction faite entre les voies montantes et descendantes lors de la détermination de la correction pour la pente (seule la valeur absolue est décisive).

4.4.2 Correction pour les revêtements

- Validité: Au niveau des émissions, jour et nuit.
- Les corrections pour les revêtements sont fixées sur la base des résultats des mesurages acoustiques selon le chapitre 3.4.3, et notamment, sur les valeurs acquises pour l'ensemble du réseau des routes nationales à l'aide de la méthode CPX (Close-Proximity-Method).
- Les résultats de mesurages CPX sont disponibles sous la forme de cartes représentant la valeur caractéristique K_b du revêtement sur chaque voie pour des tronçons de 100m, séparément pour chaque catégorie de véhicules (N1 et N2 selon l'OPB). Les résultats sont divisés et colorés en 5 classes sur la base de la valeur caractéristique K_b mesurée (voir fig. 2).

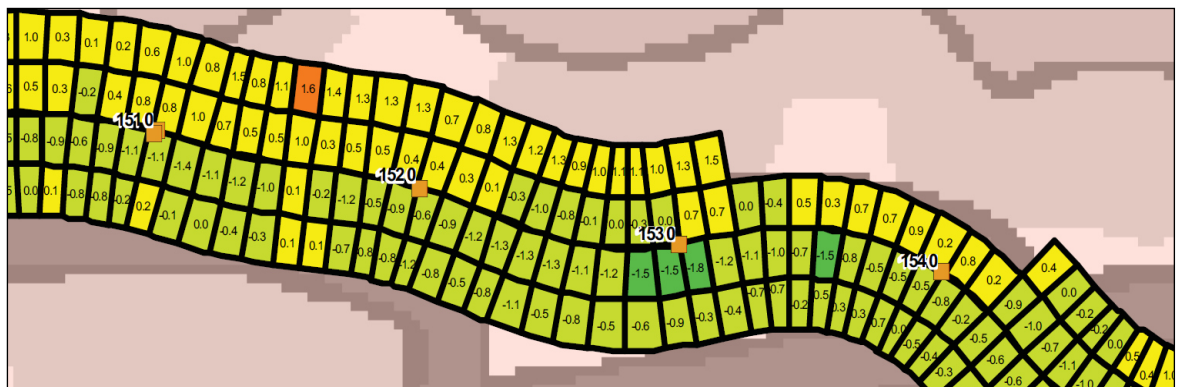



Figure 2: Valeurs caractéristiques K_b acquises à l'aide de mesurages CPX, divisées et colorées en 5 classes ($K_b < -1.5$ dBA, -1.5 jusqu'à 0.0 dBA, 0.0 jusqu'à $+1.5$ dBA, $+1.5$ jusqu'à $+3.0$ dBA, > 3.0 dBA). Source des données: MISTRA Trassee.

- Lors de la fixation de corrections pour les revêtements sur la base des valeurs CPX détaillées, les règles suivantes sont à observer:
 - Ignorer les tunnels (ne pas assigner de correction pour les revêtements)
 - Délimiter des portions de route homogènes, séparément pour chaque direction, en ne considérant provisoirement que les valeurs de la catégorie des voitures de tourisme (N1). Ensuite, définir une valeur caractéristique sous la forme d'une moyenne arithmétique avec une précision de ± 0.5 dBA (K_b entre -3.0 dBA et $+3.0$ dBA pour les revêtements bitumineux, éventuellement au-delà de $+3.0$ dBA seulement pour les surfaces en béton). En général, cette approche aboutit à des segments étendus sur plusieurs centaines de mètres à plusieurs kilomètres.
 - En cas de grosses variations entre les différentes voies, il peut s'avérer nécessaire d'effectuer l'étape précédente individuellement pour chaque voie. Lorsque les valeurs CPX de la voie de dépassement sont significativement plus mauvaises que celles de la voie normale sur de longues distances, une vérification des données est indispensable (une erreur d'illustration pourrait p.ex. en être la cause).
 - Si nécessaire, entreprendre une division plus fine aux abords des zones avec des habitations densément regroupées et proches de la route.
 - Définir une valeur caractéristique K_b pour le trafic mixte, c'est-à-dire pour les véhicules des catégories N1 et N2 ensemble, en tenant compte de la proportion de N2 dans le trafic total.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 13 de 14

- Les valeurs caractéristiques des revêtements déterminées provisoirement selon ce principe doivent ensuite être vérifiées à l'aide de mesurages KZM et LZM, et si nécessaire, adaptées à nouveau.
- Les valeurs caractéristiques déterminées sont à utiliser pour tous les états d'émission. S'il est avéré au moment de l'étude de bruit qu'un revêtement existant sera assaini dans le futur, il convient d'utiliser, pour le nouveau revêtement et pour l'horizon de planification avec les nouvelles mesures antibruit, la valeur caractéristique Kb correspondante spécifiée dans l'annexe 1 du manuel du bruit routier.

4.4.3 Correction nocturne

- Validité: Au niveau des émissions ou des immissions, la nuit uniquement.
- Des différences peu compréhensibles de l'ordre de 2-3 dBA entre les mesurages et les calculs se remarquent en particulier pendant la nuit. Etant donné que la période de nuit est généralement la plus critique le long des routes nationales (en raison de valeurs limites plus basses), il est nécessaire d'y porter une attention toute particulière.
- L'origine supposée des différences nocturnes entre les valeurs calculées et mesurées se situe au niveau des émissions, d'une part, et pourrait par exemple résulter d'un parc de véhicules différent ou de vitesses plus élevées pendant la nuit. D'autre part, il est possible que certains facteurs influencent la propagation du bruit pendant la nuit, comme par exemple des températures ou des stratifications thermiques différentes de celles régnant pendant la journée.
- La fixation d'une correction nocturne se base essentiellement sur les résultats des mesurages de longue durée, dans l'idéal une combinaison de mesurages proches de la source et de mesurages au point d'immission, en tous les cas sur ces derniers.
- Une première approximation de la correction nocturne est obtenue en observant l'écart entre la différence J/N calculée et la différence J/N effectivement mesurée. Au final, la correction se détermine cependant sur la base de l'écart entre le niveau de bruit nocturne calculé et mesuré.
- En cas de correction nocturne élevée, il est nécessaire d'estimer les parts respectives des facteurs climatiques et des facteurs liés à la dynamique du trafic.

4.4.4 Correction K1 pour le volume de trafic


- Validité: Au niveau des émissions, en principe jour et nuit.
- La correction pour le volume de trafic K1 selon l'annexe 3 de l'OPB 3 ne s'applique pas lorsque le lieu des immissions est soumis à l'influence de plusieurs sources de bruit routier (intersection, échangeur, etc.) dont le trafic total exclut toute correction.
- Cette situation étant valable pour la plupart des tronçons d'autoroute, la correction pour le volume de trafic K1 ne devrait être prise en compte que dans des cas isolés.

4.4.5 Joints de chaussée

- Validité: Au niveau des immissions, jour et nuit.
- Pour les joints de chaussée produisant un important bruit impulsif, une correction du niveau de bruit peut être appliquée aux points d'immission sous la forme d'une majoration pour la gêne occasionnée, à condition seulement que les sons impulsionnels y soient audibles. Si les conditions sont remplies, la majoration s'élève à +2 dB dans un rayon de 25 m, respectivement +1 dB dans un rayon de 50 m autour du joint de chaussée le plus proche. La majoration ne s'applique qu'une seule fois même lorsque plusieurs joints de chaussée sont présents.

4.4.6 Correction générale du modèle

- Validité: Au niveau des émissions et/ou des immissions, le jour et/ou la nuit.
- Les méthodes de mesure et de calcul utilisées permettent d'obtenir une précision de l'ordre de ± 1 -2 dB(A). Une correction générale du modèle appliquée au niveau des émissions et/ou des immissions

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique T/U (Tracé/Environnement) Fiche technique étude de projets	21 001-20103
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral des routes OFROU	Détermination du bruit routier sur le réseau des routes nationales	V3.06 01.07.2017
Division Infrastructure routière I		Page 14 de 14

se justifie lorsque l'écart entre les valeurs normalisées des mesurages et les pronostics du modèle se situe en dehors de ce domaine de tolérance, toutefois sous les conditions suivantes:

- L'observation simultanée des écarts de plusieurs points de mesurage voisins indique une tendance convergente (p.ex. modèle systématiquement "plus bruyant" que les mesurages).
- Les écarts ne sont pas déjà égalisés par d'autres corrections.
- Des raisons typiques pour la prise en compte d'une correction générale du modèle sont par exemple: Facteurs liés à la dynamique du trafic, influences thermiques et climatiques, absorption au niveau du sol sur des surfaces particulières non modélisables (p.ex. prairie).

5 Calcul du bruit

- Les charges de bruit doivent être calculées pour tous les états d'évaluation requis à l'aide du modèle de calcul complet et calibré, en utilisant la configuration définie dans le chapitre 2.1.3. Les niveaux de bruit doivent être déterminés et présentés séparément pour la période de jour (de 6h00 à 22h00) et la période de nuit (de 22h00 à 6h00), puis évalués sur la base des valeurs limites en vigueur.