

Gêne et propagation du bruit à longue distance

Bernard MÉRIEL

Chef du département Sciences de l'environnement
Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois

Annie MOCH

Professeur en psychologie de l'Environnement
Université Paris X, Nanterre

RÉSUMÉ

Les expérimentations concernant l'Approche probabiliste de la propagation du bruit extérieur, effectuées sur deux sites à Blois et à Nantes avec acquisition des données acoustiques, météorologiques simultanément à l'enquête menée auprès des riverains, a montré que :

- > la relation entre les niveaux de perception des riverains et les conditions météorologiques était effective ;
- > le niveau sonore équivalent L_{Aeq} était un bon indicateur pour cette caractérisation ;
- > les riverains pouvaient percevoir assez fortement les sources principales de bruit même pour des niveaux sonores relativement faibles ;
- > la réaction des individus était très différente vis-à-vis de la gêne et de la perception, notamment à ces faibles niveaux.

Cependant, la démarche proposée demande des moyens importants ainsi que des expérimentations suffisamment longues pour avoir des conditions météorologiques diversifiées, en particulier la présence de conditions extrêmes.

MOTS CLÉS : 15 - Bruit - Propagation - Gêne - Zone urbaine - Riverain - Expérimentation - Enquête - Perception (sensorielle) - Route - Circulation - Niveau sonore - Météorologie.

Introduction

L'évolution récente de la réglementation sur le bruit, notamment dans le domaine des infrastructures de transports terrestres, a pour conséquence de définir les niveaux sonores, existants ou prévisionnels, à des distances de plusieurs centaines de mètres de l'infrastructure concernée. Pour évaluer ces niveaux sonores avec suffisamment de précision, il faut tenir compte de l'ensemble des conditions de propagation qui sont fortement influencées par les facteurs météorologiques variables dans le temps.

Depuis 1991, le réseau des laboratoires des Ponts et Chaussées (LPC) en collaboration avec l'Université de Paris X à Nanterre, a mené une étude sur *Les conséquences de l'approche statistique du niveau de bruit sur la caractérisation de la gêne et sur la météorologie*.

L'objectif initial de cette étude était d'obtenir des indicateurs de bruit représentatifs pour les populations riveraines, situées à moyenne et grande distance d'une source sonore notamment d'origine routière, afin de pouvoir relier une variation temporelle des niveaux de bruit à l'aspect sensoriel proprement dit. En cours d'étude, et suite à un audit extérieur, il a été décidé de recentrer l'étude sur la perception sonore plutôt que sur la gêne ressentie.

L'étude bibliographique

L'étude bibliographique a porté sur les méthodologies d'études et de traitement des données employées ainsi que sur les principaux résultats obtenus notamment pour les relations « gêne- bruit » selon la nature de ce dernier.

Pour la caractérisation du bruit, la plupart des études analysées fait appel au niveau L_{eq} , associé dans certains cas à d'autres indicateurs comme les niveaux statistiques. Le critère d'émergence est parfois retenu. La pondération (A) est pratiquement toujours utilisée.

Pour l'évaluation de la gêne, on peut avoir recours soit aux méthodes directes comme des entretiens à caractère ouvert ou des questionnaires fermés, soit aux méthodes indirectes comme l'examen des plaintes, par exemple.

Cette synthèse bibliographique a montré la nécessité d'associer en même temps enquête et mesures physiques. Dans aucune des études traitées, les facteurs météorologiques n'avaient été pris en compte, d'où l'intérêt de cette étude.

Quant aux questionnaires, il est nécessaire qu'ils soient le plus court possible pour qu'ils puissent s'intégrer aux études de terrains, la qualité des informations dépendant du temps de remplissage. Leur auto-administration par les personnes enquêtées demande certaines précautions.

Ce travail préalable a permis de définir le programme expérimental et d'élaborer le questionnaire d'enquête.

Les expérimentations

Les sites étudiés

Deux expérimentations ont été effectuées.

➤ Une préexpérimentation a été menée en périphérie de Blois pendant une semaine en mai 1993. Le site étudié (fig. 1) comporte une source sonore principale, l'usine d'incinération avec un bruit continu et relativement stable, et des sources secondaires d'origine routière, dont l'autoroute A.10 éloignée de plus de 600-700 m de la zone testée. Le site de Blois est pratiquement plat.

➤ La seconde expérimentation s'est déroulée le long de l'autoroute A.821 au nord de Nantes et à proximité d'un axe routier important, la route de l'Université (fig. 2). Les trafics moyens respectifs sont de 20 000 et 40 000 véhicules par jour avec environ 10 % de poids lourds. Le site est vallonné avec deux versants exposés au Sud et à l'Ouest. Aux abords de la zone testée, l'autoroute A.821 est en fort déblai.

Les mesures réalisées

Le principe de base de la méthodologie retenue repose sur la simultanéité des mesures acoustiques et météorologiques avec les réponses au questionnaire pour les personnes enquêtées.

Les laboratoires régionaux de Blois et de Clermont-Ferrand et le Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC) ont participé aux expérimentations.

Les emplacements des mesures et enquêtes ont été situés :

➤ pour Blois entre 250 et 500 m de l'usine d'incinération, en vue directe de celle-ci et dans le même secteur « ouest/sud-ouest » ;



Fig. 1 - Site de Blois - Usine d'incinération - Vue générale du site.

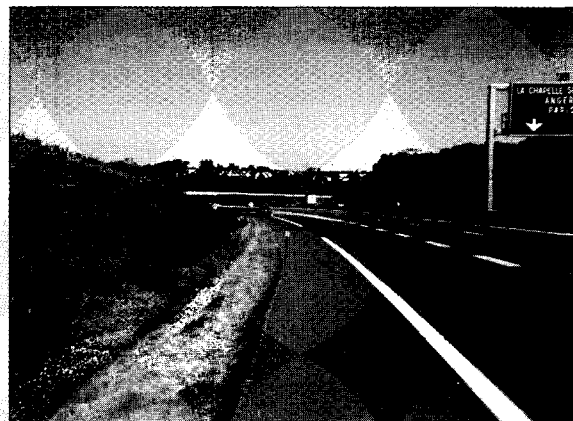


Fig. 2 - Site de Nantes - Vue de l'autoroute A.821.

➤ pour Nantes au nord et au sud de l'autoroute A.821 et à l'ouest de la route de l'Université à des distances variant entre 20 et 350 m de l'autoroute A.821 et 290 à 400 m de la route de l'Université.

Les mesures météorologiques

Les données météorologiques ont été acquises à l'aide d'un mât situé au centre de la zone étudiée à Blois et de trois mâts à des emplacements différents pour tenir compte de la topographie à Nantes.

Les paramètres relevés en continu pendant toute la durée de chacune des expérimentations, recomposés ensuite par plage de 10 min, ont été : la température et la vitesse du vent à 3 ou 5 hauteurs différentes variant entre 1 et 10 ou 20 m, la direction du vent à partir d'une girouette placée en haut de mât et l'ensoleillement à l'aide d'un solarimètre.

Les données acquises ont ensuite été traitées par le laboratoire régional de Clermont-Ferrand, en association avec l'INRA, afin de dégager les tendances de propagation du bruit en favorable (+ et ++), neutre (Z) et défavorable (- et --) selon les classes U_i , T_i de la grille mise au point par le laboratoire régional d'Angers (U_i : conditions aérodynamiques et T_i conditions thermiques).

Les mesures acoustiques

Des mesures en continu pendant toute la durée des expérimentations ont été réalisées, à proximité des sources de bruit principales et des mâts météorologiques, en champ libre à 5 m au-dessus du sol ainsi qu'en milieu des façades pour les cinq habitations testées à Blois et pour les maisons les plus proches concernant les cinq zones retenues à Nantes.

Parallèlement à ces mesures, des prélèvements de durée limitée à 45 min ont été effectués trois fois par jour pour le site de Blois (midi, fin d'après-midi, tombée de la nuit) et des prélèvements de durée limitée à 30 min, deux fois par jour pour le site de Nantes (midi, tombée de la nuit). Le trafic routier a été systématiquement relevé avec une décomposition entre véhicules légers et poids lourds.

Les niveaux L_{eq} , L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} et L_{99} en dB(A) ont ensuite été déterminés par plage de 10 min afin d'être comparés aux données météorologiques.

L'enquête

Pendant chacune des périodes de durée limitée précitées, les riverains enquêtés remplissaient un questionnaire (fig. 3). Les niveaux de perception étaient demandés pour les différentes sources de bruit répertoriées sur le site ainsi que leur caractère habituel ou non, et quelques éléments d'identification météorologique.

Ce questionnaire a été sensiblement modifié par rapport à celui utilisé pour la préexpérimentation, afin de mieux prendre en compte la perception sonore par rapport à la gêne. L'échelle d'évaluation est passée de cinq à neuf classes (« pas du tout perçu » - classe 1 à « très fort » - classe 9).

Fichier des données

Toutes les données acquises ont été rassemblées dans des fichiers qui ont servi de base aux différents traitements et analyses. Ces fichiers contenaient une cinquantaine d'échantillons de « riverains », autant d'échantillons pour les techniciens des laboratoires pour le site de Blois, et soixante-dix échantillons pour celui de Nantes.

Les techniques classiques de la statistique et de l'analyse des données, comme l'analyse factorielle des correspondances (AFC), ont été utilisées.

Les principaux résultats obtenus

Préexpérimentation de Blois

➤ Pour la relation *Perception sonore/conditions météorologiques*, les réponses pour la source « usine d'incinération » sont plutôt situées au milieu de l'échelle de perception. Par contre, pour l'autoroute, située à plus de 600-700 m, la dissociation entre les tendances de propagation « favorable, neutre, défavorable » est plus marquée. Il semble que la prépondérance forte d'une source de bruit, par rapport aux autres sources, diminue la capacité des individus à dissocier leur perception. D'ailleurs, il a été observé tout au long de l'expérimentation, vis-à-vis des questions sur la gêne ou sur les activités perturbées, des réponses pratiquement identiques alors que les niveaux sonores variaient. Pour la source secondaire, le jugement est plus contrasté et semble suivre directement la frontière « audition de la source/non audition ».

➤ Pour la relation *Perception sonore/niveaux de bruit*, nous n'avons pas relevé de lien direct entre les niveaux L_{Aeq} et le degré de perception. On observe même sur la fig. 4 des écarts très importants pour les valeurs L_{Aeq} positionnées dans une même classe de perception. Il faut toutefois rappeler la complexité du site étudié. Ainsi, le niveau global en façade des habitations n'est pas uniquement dû, pour la majorité des points, à l'usine d'incinération, à cause des axes routiers qui sont répartis sur l'ensemble de la zone étudiée.

Expérimentation de Nantes

La figure 5 montre la tendance à une perception des riverains d'autant plus faible que l'on s'éloigne de la source principale, en l'occurrence l'autoroute A.821.

Nous avons également observé que la différence dans la répartition des perceptions par tendance de propagation (favorable, neutre, défavorable) est plus nette quand on s'éloigne de cette source. Comme pour la préexpérimentation, cette répartition est plus diffuse en tendance « neutre ».

Globalement, la perception augmente avec les niveaux L_{Aeq} , avec l'apparition d'un seuil (fig. 6). En-dessous de ce seuil, les niveaux de perception augmentent régulièrement de 1 à 4 avec des valeurs de L_{Aeq} passant de 43-44 à 54 dB(A). Au-dessus, le niveau de perception peut augmenter fortement (jusqu'à 8) bien que les valeurs L_{Aeq} varient peu. Cette notion de seuil est également apparue pour les indices statistiques L_{50} et L_{95} étudiés.

- Partie de l'enquête à répéter -			
SUJET N°	HEURE :	DATE :	<input type="text"/> <input type="text"/> 1-2
QUELS SONS ENTENDEZ-VOUS DANS VOTRE LOGEMENT ACTUELLEMENT ?			<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> 3-4-5-6
- Fenêtres ouvertes, toujours au même endroit - (cochez la case : 1 : pas du tout, de 2 à 9 niveau d'intensité croissant).			<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> 7-8-9-10
Le voisinage	pas du tout <input type="text"/>	très fort	<input type="text"/> 11
L'A821	pas du tout <input type="text"/>	très fort	<input type="text"/> 12
La voie de desserte locale	pas du tout <input type="text"/>	très fort	<input type="text"/> 13
La route des Universités	pas du tout <input type="text"/>	très fort	<input type="text"/> 14
Autre :	pas du tout <input type="text"/>	très fort	<input type="text"/> 15
L'ENSEMBLE DES SONS DE L'ENVIRONNEMENT QUE VOUS ENTENDEZ ACTUELLEMENT, VOUS SEMBLE-T-IL ? (cochez la case : 1 : pas du tout, de 2 à 9 niveau d'intensité croissant).			
- pas fort du tout	<input type="text"/>	très fort	<input type="text"/> 16
- plus fort que d'habitude <input type="checkbox"/>	comme d'habitude <input type="checkbox"/>	moins fort que d'habitude <input type="checkbox"/>	<input type="text"/> 17
POUR CHACUNE DES SOURCES, PRÉCISEZ SI VOUS L'ENTENDEZ			
	plus que d'habitude	comme d'habitude	moins que d'habitude
- Le voisinage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- L'A821	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- La route des Universités	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- La voie de desserte locale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autres :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
QUEL TEMPS FAIT-IL EN CE MOMENT PRÉCIS ?			
Il y a du soleil	oui <input type="checkbox"/>	non <input type="checkbox"/>	<input type="text"/> 23
Il y a du brouillard	oui <input type="checkbox"/>	non <input type="checkbox"/>	<input type="text"/> 24
Il y a du vent	oui <input type="checkbox"/>	non <input type="checkbox"/>	<input type="text"/> 25
SI oui	Est-il fort ? <input type="checkbox"/>	faible ? <input type="checkbox"/>	<input type="text"/> 26
Le temps est-il ?	Couvert <input type="checkbox"/>	Pas couvert <input type="checkbox"/>	<input type="text"/> 27
Le sol est-il ?	Plutôt mouillé <input type="checkbox"/>	Plutôt sec <input type="checkbox"/>	<input type="text"/> 28
			<input type="text"/> 29
- Avez-vous quelque chose à ajouter ?			

Fig. 3 - Questionnaire d'enquête (Site de Nantes).

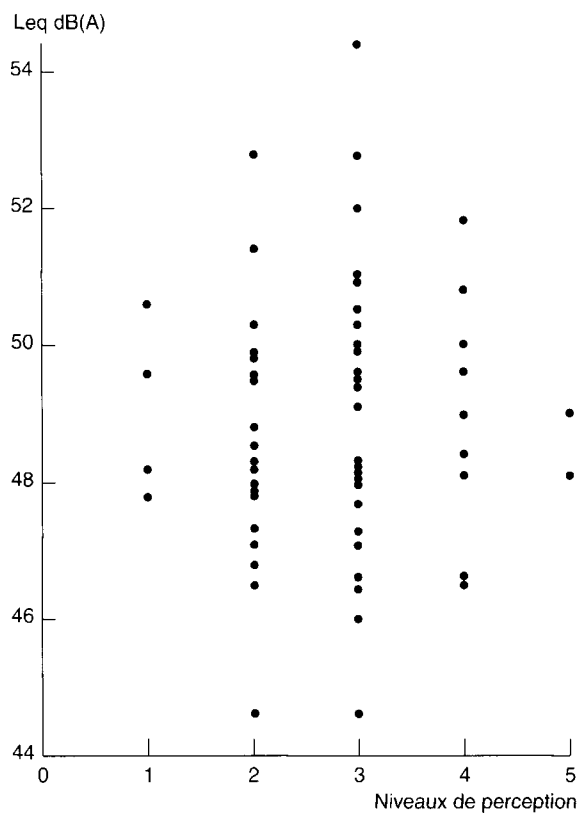


Fig. 4 - Comparaison des niveaux Leq et de perception de l'usine pour l'ensemble des points de mesure (riverains + techniciens).

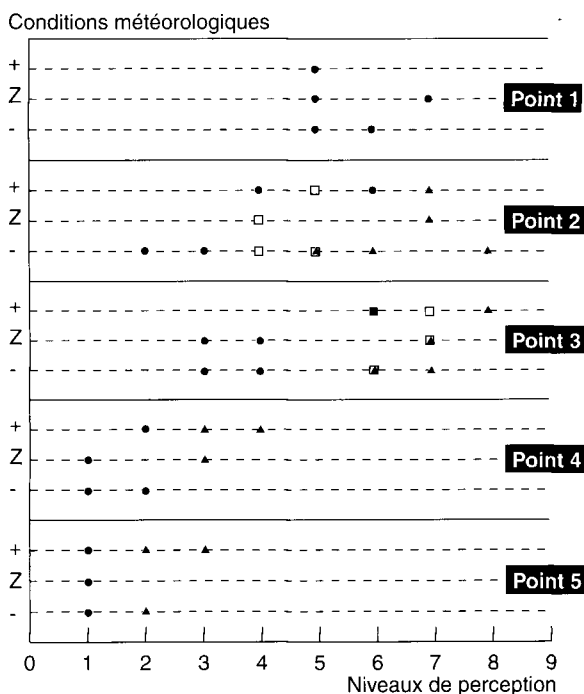


Fig. 5 - Niveaux de réception sonore de l'autoroute A.821 selon les conditions météorologiques par point de mesure.

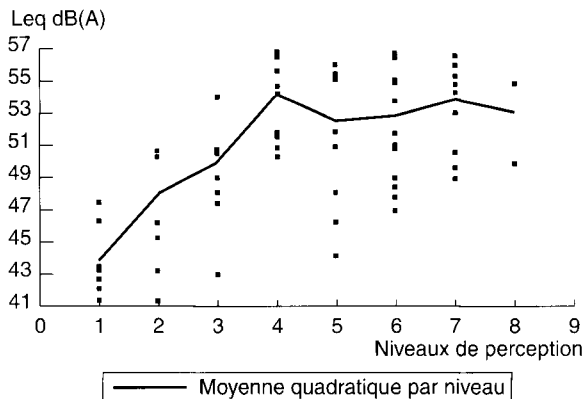


Fig. 6 - Comparaison des Leq moyens et des perceptions de l'autoroute A.821 sur l'ensemble des sondages.

Comme pour Blois, on peut noter une grande dispersion des niveaux sonores dans une même classe de perception. Par ailleurs, la perception de l'ensemble des sources répertoriées suit directement celle de la source principale, l'autoroute A.821.

L'analyse d'un questionnaire général comprenant, en dehors de l'identification du sujet enquêté, une trentaine de questions, laisse apparaître certaines contradictions. Par exemple, si une majorité de riverains qualifie le quartier d'agréable, voire de calme, elle indique également que le bruit est assez ou très gênant. De même si l'autoroute A.821 est jugée utile et les trafics (total et poids lourds) pas trop denses, il existe une demande forte de protections par écrans ou buttes de terre. Pour la route de l'Université, le trafic est estimé trop important. Les riverains semblent déterminer leurs réponses selon la qualification qu'ils se font d'une autoroute ou d'une route, notamment en termes de débit et nature du trafic.

Toutes ces observations font bien apparaître les difficultés inhérentes à ce type d'études où sont confrontées des valeurs physiques avec des données subjectives.

Conclusion

Les principales conclusions que l'on peut tirer de notre étude sont les suivantes :

- > Le niveau LAeq paraît être un bon indicateur pour le bruit d'origine routière. Les résultats obtenus sont confirmés en utilisant les indices statistiques.

- > Globalement, et en particulier sur le site de Nantes, il existe une relation entre le niveau de perception des sources de bruit et les conditions météorologiques. Une valeur seuil apparaît à partir de laquelle, on observe une perception très forte et variable de la source de bruit pour une évolution faible des niveaux LAeq. Ce seuil semble dépendre du bruit de fond existant en l'absence de la source principale du site étudié.

Il se situe à des niveaux LAeq relativement faibles [inférieurs à 55 dB(A)]. Même s'il n'est pas possible de généraliser à la notion de gêne à partir du degré de perception, on peut supposer qu'il existe alors une perturbation forte.

➤ Le contenu des réponses des riverains à des niveaux sonores plus faibles [inférieurs à 45-50 dB(A)] dépend essentiellement de la nature de la source et de son identification (coloration spectrale) bien que la contribution sonore de cette source soit bien souvent inférieure au bruit global.

➤ Quand la source principale est permanente (cas de l'usine d'incinération), la variation des perceptions est plus atténuée par rapport à l'évolution des niveaux sonores. Si une source secondaire est entendue ou non selon les conditions météorologiques, la variation des degrés de perception est plus forte que précédemment.

➤ On distingue également des différences sensibles dans les échelles de perception propres à chaque individu. Cette variation d'échelle est d'autant plus importante que les niveaux sonores sont faibles.

➤ En résumé, les expérimentations réalisées à Blois et à Nantes montrent que, si la démarche d'études proposée permet de répondre globalement aux objectifs recherchés, elle possède ses propres limites. Celles-ci sont d'abord liées aux moyens importants qu'ils soient humains, matériels ou techniques à mettre en œuvre simultanément. Une

autre limite est la possibilité d'obtenir pendant la durée de l'expérimentation des conditions météorologiques très diversifiées, en particulier les conditions extrêmes (++, --) en termes de tendances favorables ou non à la propagation du bruit.

➤ Il faudrait réduire les questionnaires et revoir quelques questions susceptibles d'introduire un certain biais dans les réponses, éventuellement les informatiser et trouver un moyen de les collecter rapidement.

➤ Il faudrait réaliser une expérimentation continue sur plusieurs semaines, ou la fragmenter dans le temps en revenant sur le site plusieurs fois. Il est, en effet, nécessaire d'obtenir un nombre suffisant d'échantillons, plusieurs centaines, pour que les techniques de traitement des données mises en œuvre soient bien adaptées. Pour confirmer les grandes tendances apparues, il serait intéressant de réaliser une nouvelle expérimentation avec des durées plus longues, sur un site expérimental plus simple et avec une population riveraine importante.

➤ Il serait utile de simplifier la méthodologie d'enquête actuelle qui nécessite beaucoup de personnel et une sensibilité affirmée des riverains pour répondre au même questionnaire plusieurs fois par jour pendant un nombre plus ou moins élevé de jours. Une réflexion sur une informatisation de cette interrogation devrait alors être menée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

MÉRIEL B. (1992), *Conséquences de l'approche statistique du niveau de bruit sur la caractérisation de la gêne et sur la métrologie*, Synthèse de l'étude bibliographique réalisée en 1991, Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois, janvier.

MÉRIEL B. (1993), *Étude bibliographique complémentaire - Programme de la préexpérimentation*, Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois, juin.

JUSSELME D. (1995), *Propagation du bruit à longue distance*, travaux de fin d'études, École nationale d'ingénieurs de Saint-Étienne, juin.

ZOUBOFF V., SECHET E., BERTRAND J. (1994), *Validation d'une méthode qualitative d'estimation de l'influence de la météorologie sur le bruit*, 3^e Congrès français d'acoustique, INRA, Toulouse, mai, Laboratoire régional des Ponts et Chaussées d'Angers.

MÉRIEL B. (1996), *Conséquence de l'approche statistique du niveau de bruit sur la caractérisation de la gêne et sur la métrologie*, Synthèse des travaux 1991-1995, Rapport du Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois, février et rapport détaillé des expérimentations de Blois et Nantes, travaux 1993-1995, Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois, juin.

ABSTRACT

Long distance noise nuisance and propagation

B. MÉRIEL - A. MOCH

Experiments relating to the Probabilistic approach to the propagation of open air noise carried out at two sites in Blois and Nantes in which acoustic and meteorological data were collected simultaneously with a survey of residents have revealed the following :

- there is a genuine link between meteorological conditions and residents' perception of noise;
- the LAeq equivalent sound level is a good indicator for this perception;
- residents are able to perceive quite clearly the main sources of noise even at quite low sound levels;
- reactions in terms of disturbance and perception vary considerably from one individual to another, in particular at low levels.

Nevertheless, the suggested approach requires considerable resources and quite long experiments to include a range of meteorological conditions, in particular extreme conditions.