

CSTB - Priorité scientifique et technique "Usages - Santé - Confort" : bilan 2010-2013, rapport final

Séverine Kirchner, Olivier Ramalho, Enric Robine, Nadine Roudil, Jérôme Defrance

▶ **To cite this version:**

Séverine Kirchner, Olivier Ramalho, Enric Robine, Nadine Roudil, Jérôme Defrance. CSTB - Priorité scientifique et technique "Usages - Santé - Confort" : bilan 2010-2013, rapport final. CSTB. 2014. hal-01044977

HAL Id: hal-01044977
https://cstb.hal.science/hal-01044977

Submitted on 24 Jul 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CSTB
le futur en construction

Priorité scientifique et technique
« Usages - Santé – Confort »

Bilan 2010-2013

Rapport final

Séverine Kirchner

Mai 2014

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT
SIÈGE SOCIAL > 84 AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX. (33) 01 60 05 70 37 | SIRET 775 688 229 000 27 | www.cstb.fr
ÉTABLISSEMENT PUBLIC À CARACTÈRE INDUSTRIEL ET COMMERCIAL | RCS MEAUX 775 688 229 | TVA FR 70 775 688 229
MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA-ANTIPOLIS

Priorité scientifique et technique
« Usages - Santé – Confort »

Bilan 2010-2013

Rapport final

KIRCHNER Séverine

Université Paris-Est, Centre scientifique et technique du bâtiment

Avec la contribution des responsables des projets de recherche de la proirité
DEFRANCE J., RAMALHO O., ROBINE E., ROUDIL N.

Mai 2014

© 2014 CSTB



Ce texte est distribué sous les termes de la licence Creative Commons Attribution 3.0 non transposé (CC BY 3.0).
Le texte complet de la licence est disponible à l'adresse suivante : http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/legalcode

Résumé des droits et conditions de la licence :
⇒ **Vous êtes libre de** :
→ partager (reproduire, distribuer et communiquer) l'œuvre ;
→ remixer, adapter l'œuvre ;
→ d'utiliser cette œuvre à des fins commerciales.
⇒ **Selon les conditions suivantes** :
→ Attribution (paternité, crédit) : vous devez attribuer l'œuvre de la manière indiquée par l'auteur de l'œuvre ou le titulaire des droits (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous approuvent, vous ou votre utilisation de l'œuvre).
Toute citation d'extraits, reproduction ou utilisation doit obligatoirement faire apparaitre la référence de ce document sous la forme : **KIRCHNER S. (coord.), Priorité scientifique et technique « Usages - Santé – Confort » : Bilan 2010-2013, Rapport final, CSTB, Mai 2014, 71 p.**
⇒ **Comprenant bien que**
→ les droits suivants ne sont en aucune manière affectés par la licence :
- Vos prérogatives issues des exceptions et limitations aux droits exclusifs ou *fair use* ;
- Les droits moraux de l'auteur que rien dans ce contrat ne diminue ou ne restreint.

→ A chaque réutilisation ou distribution de cette œuvre, vous devez faire apparaître clairement au public la licence selon laquelle elle est mise à disposition. La meilleure manière de l'indiquer est un lien vers cette page web : http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.fr.

Résumé

La priorité scientifique et technique « Usages - Santé – Confort » avait pour ambition, au cours du cycle 2010-2013, de mieux prendre en compte les attentes des citoyens vis-à-vis d'un environnement proche sain, agréable, adapté aux usages, favorable à l'épanouissement et accessible, y compris économiquement, à tous. Les travaux portaient sur l'ensemble de la prévention et le contrôle des risques d'exposition aux agents physiques, chimiques et microbiologiques des individus aux contaminants dans les différents espaces de vie dans les différents milieux : air, sol, surfaces, eau. Le programme de recherche était organisé en quatre axes de recherche visant la caractérisation et la gestion des environnements et des ambiances, la gestion de la qualité sanitaire des espaces clos, l'exposition des populations aux pollutions et aux nuisances et la prise en compte de l'usage, des bâtiments à la ville. Ce rapport présente le contexte de la recherche et les résultats obtenus entre 2010 et 2013.

Mots clés : Usages, contamination, exposition, air intérieur, acoustique, éclairage, vibration, radiofréquence

Abstract

Use Health and Comfort research program of CSTB had ambition, during the 2010-2013, to better take into account the expectations of citizens as regards a healthy environment, suitable for use and accessible. The work focused on the overall prevention and control of the risks for the population exposed to physical, chemical and microbiological contaminants from different environments: air, soil, surface water. The research program was divided into four workpackages of research: characterization and management of environments, safety management of indoor spaces, population exposure to pollution and indoor environment, use in buildings and the city. This report summarizes the context of the research and the results obtained between 2010 and 2013.

Keywords: Uses, contamination, exposure, indoor air, acoustics, lighting, vibration, radiofrequency

Table des matières

1. ENJEUX ET CONTEXTE 7
2. AMBITIONS DE LA PRIORITÉ SCIENTIFIQUE USAGES - SANTÉ - CONFORT 8
3. STRUCTURATION ET DESCRIPTION 9
3.1 Caractérisation et gestion des environnements et des ambiances 10
3.2 Exposition des populations aux pollutions et aux nuisances 11
3.3 Gestion de la qualité sanitaire des espaces clos 12
3.4 Prise en compte des usages, du bâtiment à la ville 12
4. BILAN SUR LA PÉRIODE 2010-2013 14
4.1 Caractérisation et gestion des environnements et des ambiances 18
4.2 Exposition des populations aux pollutions et aux nuisances 22
4.3 Gestion de la qualité sanitaire des espaces clos 27
4.4 Prise en compte des usages, du bâtiment à la ville 32
5. PERSPECTIVES 34
LISTE DES RÉFÉRENCES 38
Environnement et ambiances 38
Exposition des populations aux pollutions et aux nuisances 48
Gestion de la qualité sanitaire des espaces clos 57
Prise en compte des usages, du bâtiment à la ville 62
ANNEXES 67
ANNEXE 1 : THESES ET POST DOCTORANTS 68
Thèses associées avec la priorité Usage Santé Confort 68
Post-doctorants 69
ANNEXE 2 : BREVETS 70

1. ENJEUX ET CONTEXTE

L'environnement bâti et les villes sont autant de lieux de vie favorisant le développement et le bien-être des individus en leur apportant une qualité de vie et une protection tout au long des âges de la vie. Ils sont à ce titre au cœur des préoccupations de la population dans un contexte d'attente de plus en plus forte à l'échelle de chaque individu.

A l'instar des dimensions sociales, économiques et écologiques, la santé et le confort sont aussi l'un des enjeux du développement durable. L'amélioration de la sécurité sanitaire et du confort, que ce soit dans les logements, sur les lieux de travail ou lors des déplacements dans la ville, sont au cœur de la transition écologique et énergétique de ce début de XXIe siècle avec les paysages urbains et les bâtiments en forte évolution du fait des contraintes majeures que posent les nouvelles exigences énergétiques et les impacts prévisibles du changement climatique.

La métamorphose en cours des espaces de vie offre ainsi de nouveaux défis au secteur de l'urbanisme et de la construction, accentuant d'autant la criticité de la question de la sécurité sanitaire, du confort et de l'usage de ces lieux de vie. Pour exemple, la feuille de route pour la transition écologique prévoit que le Plan de rénovation thermique des logements s'accompagne d'une vigilance particulière sur la qualité de l'air intérieur. L'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments est ainsi une opportunité pour traiter la question de la qualité de l'air et de la ventilation avec un bon compromis entre renforcement de l'enveloppe du bâtiment et aération.

Dans le même temps, l'émergence de nouveaux facteurs de risques en lien avec l'innovation technologique (nanotechnologies, chimie de synthèse, intégration de nombreux réseaux de communication, mobilité, etc.) et le contexte général de mutations sociales (vieillissement de la population, précarité) renforce le besoin de connaissances sur ces situations nouvelles en termes de besoins et d'impacts sur les espaces de vie afin de préparer l'action et la décision.

L'ensemble de ces enjeux sont d'autant plus cruciaux qu'ils impactent sur l'économie avec un coût qui peut être conséquent pour la société : pour exemple, on estime aujourd'hui à près de 20 milliards d'euros par an le coût de la mauvaise qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments en France.

Les recherches menées au CSTB, au sein de la communauté d'universités et établissements de l'Université Paris-Est (UPE) et en partenariat avec des réseaux nationaux et internationaux, avaient pour objet d'apporter des éléments utiles aux décideurs, aux acteurs de la ville et du bâtiment, pour définir et prévoir la qualité des ambiances environnementales et du confort global dans les bâtiments et les lieux de vie urbains et pour proposer des solutions innovantes afin de prévenir et d'améliorer les situations à risque tout en accompagnant le développement des performances environnementales et énergétiques des bâtiments. L'objet des recherches était également de questionner et de comprendre le rapport que les individus entretiennent avec l'espace urbain dans

un contexte aussi particulier que celui de la transition écologique, environnementale et énergétique.

A ce titre, ces travaux s'inscrivent dans les priorités de santé publique reconnues par la loi dans le cadre des engagements pris dans les différents Plans nationaux dédiées à la santé environnementale : Plan national santé environnement, Plan qualité de l'air intérieur, Plan particules, etc. Ils sont également en phase avec les orientations stratégiques définies dans la note de cadrage interministérielle du futur Plan santé environnement (PNSE3) qui affichent des objectifs de réduction des impacts sur la santé publique des facteurs environnementaux tels que l'air, l'eau ou les sols, dans une logique de prévention générale et collective tout autant qu'individuelle et ciblée assortie d'une volonté marquée de lutter contre les inégalités environnementales territoriales de santé.

2. AMBITIONS DE LA PRIORITÉ SCIENTIFIQUE USAGES - SANTÉ - CONFORT

De nature anthropocentrée, le présent programme de recherche s'est attaché à identifier les facteurs responsables des pollutions et des gênes ressenties et proposer des actions d'amélioration en mettant au cœur les êtres humains concernés.

Les objectifs de la priorité scientifique et technique « Usage - Santé – Confort » visait ainsi l'**amélioration de la santé, du confort et du bien-être des individus dans leurs espaces de vie et la protection des populations les plus exposées ou gênées.**

Les questions posées à la recherche dans le cadre de ce programme ont concerné trois axes thématiques avec pour ambition de :

⇒ **Protéger la santé et améliorer le confort des populations, de l'alerte à la gestion**

Pour agir efficacement, il est indispensable d'estimer au mieux la gravité et l'ampleur des situations rencontrées, d'être capable d'en identifier l'origine, afin de cibler les facteurs principalement incriminés et d'élaborer une stratégie de réduction à la fois efficace et optimisée d'un point de vue socio-économique. Le travail a été ciblé sur l'identification et la caractérisation des dangers et des nuisances à la source (environnements intérieurs/extérieurs, comportements à risque), leur perception auprès des individus concernés (mesures de gênes), le mesurage et la prévision des expositions et de la gêne des populations et le développement de stratégies de prévention et de réduction des situations à risque (élaboration d'indicateurs de qualité, évaluation de systèmes/produits/équipements, solutions techniques/innovation, accompagnement des filières Bâtiment/Santé et grand public). Il a également contribué à apporter des éléments d'appréciation pour optimiser les politiques publiques et améliorer les textes réglementaires sur l'information du public (étiquetage des produits…).

⇒ **Prendre en compte l'être humain**

L'ensemble du travail a été basé sur une approche anthropocentrée ayant à cœur de mieux comprendre et caractériser les modes de vie et les besoins des différents occupants des lieux de vie, des populations générales ou des personnes vulnérables, de faciliter l'adaptation des espaces aux différents usagers, et d'accompagner l'innovation et la mise en œuvre des stratégies collectives et individuelles proposées aux différents acteurs, occupants et entreprises de la filière construction pour améliorer les situations.

⇒ **Dans un contexte de développement durable et de changement climatique**

La réduction de la demande énergétique, telle que définie par le Grenelle de l'environnement et la transition écologique, engendre une rupture des modes constructifs et une évolution des morphologies urbaines. Les changements attendus par les modifications du climat sous nos latitudes engendrent également des nouvelles contraintes technologiques sur les ouvrages et sur l'urbanisation. Toutefois, les mesures déployées pour atteindre ces objectifs ne doivent pas aller de pair avec une détérioration de la qualité sanitaire et du confort des espaces de vie. Des actions spécifiques ont ainsi été menées, en collaboration avec les deux les priorités scientifiques spatialisées du programme de recherche 2010-2013 du CSTB (« Du quartier à la ville durable » et « Bâtiment durable ») pour étudier l'impact spécifique sur la santé et le confort du développement durable.

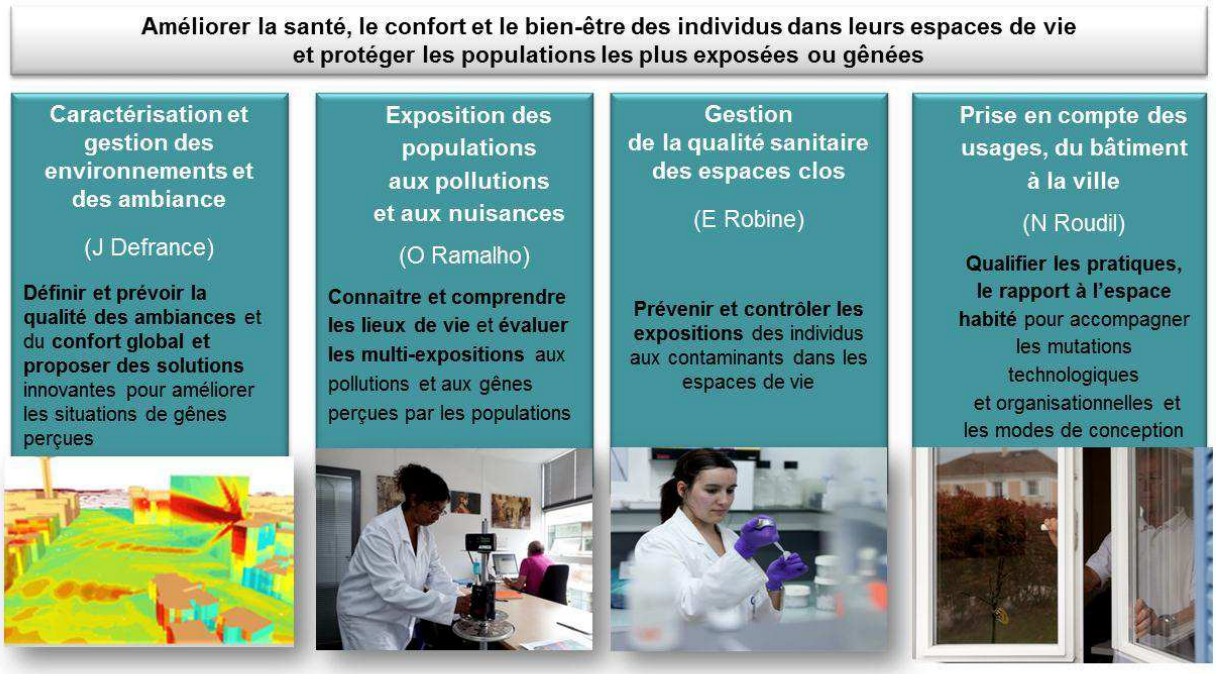
La recherche s'est attachée tout particulièrement à accompagner l'ensemble des acteurs concernés par cette thématique et notamment :

- donner aux acteurs impliqués dans les villes et les bâtiments (ministères, agences de sécurité sanitaire, collectivités territoriales, etc.) des éléments d'appréciation des risques et des gênes subis, le plus en amont possible, pour la mise en place des politiques sanitaires et techniques concernant les bâtiments ;
- accompagner les professionnels du bâtiment dans la définition et l'optimisation des pratiques de construction ainsi que dans l'innovation pour prévenir les situations à risques et protéger la population ;
- intégrer les problématiques sanitaires dans le processus de progrès ambitieux du Grenelle de l'environnement sur la performance énergétique des bâtiments et, notamment, le renforcement de la réglementation et le relèvement progressif des normes en vue de la généralisation des bâtiments à énergie neutre ou positive.

3. STRUCTURATION ET DESCRIPTION

Pour la période 2010-2013, des équipes pluridisciplinaires ont été mobilisées en physico-chimie, biologie, physique, mathématique et sciences humaines pour répondre aux questions posées à la recherche sur la thématique Usage – Santé -

Confort, organisée selon quatre projets de recherche aux approches complémentaires comme présenté dans la figure ci-après.



3.1 CARACTÉRISATION ET GESTION DES ENVIRONNEMENTS ET DES AMBIANCES

Dans ce projet coordonné par Jérôme Defrance (Direction santé confort du CSTB), l'objet était de **créer de nouvelles méthodologies d'évaluation de la qualité de l'environnement interne et externe du cadre bâti**, en associant différentes compétences techniques présentes au CSTB (acoustique, vibrations, ondes électromagnétiques, lumière naturelle et éclairage, aérothermique, végétation…) **afin d'évaluer et d'améliorer de façon globale le confort du citadin, en confrontant la mesure physique, la prévision d'indicateurs dédiés et la perception des individus en terme de ressenti et de gêne**.

Les principaux objectifs du projet étaient :

- La définition du confort et le développement d'un référentiel d'indicateurs dédiés, en milieu urbain et à l'intérieur des bâtiments, en s'appuyant sur la mise en œuvre d'approches multicritère ;
- Le développement et l'amélioration continue des outils de prévisions de la propagation/dispersion et de l'évaluation des doses reçues par les populations, ceci pour l'ensemble des agents physiques en milieu urbain, aussi bien qu'en espace clos : bruit, vibrations, éclairage, polluants, vent, température, ombrages, odeurs, ondes électromagnétiques ;
- La mise en commun opérationnelle de ces outils, pour des projets d'aménagement urbain pluridisciplinaires aussi bien que pour la conception et la gestion du confort global de volumes complexes, du grand hall à

l'habitacle, ou encore pour des problèmes spécifiques comme la détermination des solutions techniques visant à améliorer conjointement les aspects de confort thermique et acoustique ;

- Le développement et l'optimisation de solutions innovantes permettant la réduction des doses et des nuisances subies, du quartier au bâtiment, ceci autant au niveau préventif que dans le cadre de remédiations.

Le projet était organisé autour de deux tâches : 1/ *la caractérisation du confort global*, impliquant la définition du confort humain, de l'urbain au bâtiment, l'amélioration des outils de prévision et d'évaluation, ainsi que le développement d'outils de diagnostic ; 2/ *les solutions d'amélioration du confort* déterminées en appliquant les outils et bancs de mesures dédiés du CSTB.

3.2 EXPOSITION DES POPULATIONS AUX POLLUTIONS ET AUX NUISANCES

L'objectif de ce projet piloté par Olivier Ramalho (Direction santé confort du CSTB) visait principalement à **connaître et comprendre les lieux de vie et évaluer les expositions aux pollutions et aux nuisances perçues par les populations** : qualité de l'air, nuisances acoustiques, nuisances visuelles, champs électromagnétiques.

Le projet s'est structuré autour de différents axes de recherche sur la connaissance des expositions des populations sur un ensemble de pollutions et de nuisances susceptibles d'être à l'origine d'impacts sanitaires ou de gênes, mais aussi sur le développement d'outils permettant de prévoir ou de mieux caractériser ces expositions.

L'observation et la compréhension du parc de bâtiments existant - tant sur le plan des caractéristiques des bâtiments (typologie, équipement, décoration), des occupants (temps passés, statut d'occupations, activités, etc.) que sur celui de la pollution et du confort perçu des occupants - ont été menées pour aborder l'ampleur des expositions et rechercher les déterminants de la santé, du confort et du bien-être dans les bâtiments (logements, lieux d'accueil des enfants, lieux de loisirs) à partir de données réalistes, intégrants l'ensemble des situations.

La mise en œuvre opérationnelle du projet s'est basée sur la collecte des données existantes, la mise en œuvre d'enquêtes et de mesurages *in situ, l*a création de bases de données dédiées, l'analyse des données et le développement de modèles prévisionnels et la mise à disposition des données et la diffusion des connaissances.

Plusieurs actions sont menées dans le cadre du programme d'actions de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) dont le CSTB est l'opérateur technique.

3.3 GESTION DE LA QUALITÉ SANITAIRE DES ESPACES CLOS

Il s'agissait ici de **développer et de promouvoir les outils et les stratégies permettant d'améliorer la qualité sanitaire des espaces clos**. Le projet coordonné par Enric Robine (Direction santé confort du CSTB) s'articulait ainsi autour de 3 thèmes structurants :

- La définition et la réalisation d'outils métrologique : la mesure des polluants, qu'ils se présentent sous la forme de gaz, d'aérosols ou d'ondes est à la base du processus de gestion. Les outils métrologiques développés ont été déclinés selon deux principales applications : la surveillance de la qualité de l'air intérieur et le diagnostic.
- La caractérisation des sources de pollution et l'approche phénoménologique de l'exposition des occupants : l'impact sanitaire et l'exposition des populations à un grand nombre de polluants, notamment microbiologiques, sont méconnus. La description des dangers, l'estimation de la dose/réponse et une bonne connaissance des conditions d'exposition constituent des préalables nécessaires pour évaluer le risque et moduler les solutions de gestion à mettre en œuvre. Trois axes ont été abordés au cours de ce projet avec l'étude des sources de pollutions physicochimiques présentes dans les environnements intérieurs, l'étude des déterminants environnementaux de l'exposition virale et la caractérisation de la diversité microbienne de l'air intérieur.
- La recherche des solutions de gestion : ce thème regroupait des pratiques et des solutions technologiques susceptibles d'abaisser l'exposition des populations aux polluants présentant les impacts sanitaires les plus importants. Il a concerné l'étude de l'efficacité des pratiques et des systèmes, leur innocuité ainsi que l'optimisation des stratégies d'intégration aux espaces bâtis. Les opérations de préventions ont également été abordées avec des actions de sensibilisation/formation et d'accompagnement visant à sensibiliser le grand public, les gestionnaires de bâtiments aux problématiques. Il s'agissait également d'accompagner les évolutions règlementaires susceptibles d'affecter la sécurité sanitaire des espaces clos, comme les nouvelles réglementations autour de l'énergie, au travers de participations aux travaux normatifs, par exemple.

3.4 PRISE EN COMPTE DES USAGES, DU BÂTIMENT À LA VILLE

Ce projet piloté par Nadine Roudil (Direction économie et sciences humaines du CSTB) avait pour objectif de **qualifier les pratiques, le rapport à l'espace habité dans le but d'accompagner les mutations technologiques et organisationnelles et les modes de conception**.

Il s'agissait de questionner et de comprendre le rapport que les individus entretiennent avec l'espace urbain dans un contexte aussi particulier que celui de la transition écologique, environnementale et énergétique. L'essor des principes de développement durable a des implications sur la conception des bâtiments, des espaces urbains et sur leurs usages. Bien souvent, les partis pris environnementaux qui précédent l'aménagement (réseaux de transports, d'énergie, systèmes de récupération des eaux, optimisation de l'ensoleillement,

développement de la nature et de la biodiversité, etc.) impactent fortement la forme urbaine et la manière qu'ont les citadins de pratiquer la ville.

Les enjeux posés par le projet de recherche comprenaient ainsi :

- la mise en place d'un dispositif de recherche permettant l'analyse de l'évolution des modes de vies : analyse des rapports complexes que les individus entretiennent avec leur environnement et qui président notamment au rapport à l'espace public, aux modes d'habiter et d'occuper la ville (transformation, appropriation, détournement) ;
- la manière dont le processus de conception de la ville et des bâtiments se saisit de la notion d'usage : comprendre le rapport que les usagers de la ville entretiennent avec ses différentes composantes et prendre en compte la dimension de prescription en matière de conception, les partis pris environnementaux qui précédent l'aménagement et l'effet du contexte règlementaire sur les usages (dimension plus spécifique dans le cadre des bâtiments) ;
- l'identification de la place prise par les techniques et les innovations dans la définition de la notion d'usage ou d'usager : examen des caractéristiques de réception des nouveautés techniques ou technologiques lorsque l'innovation se diffuse et généralise son domaine d'application dans l'espace urbain.

Associé aux enjeux thématiques cités plus haut, un certain nombre d'enjeux notionnels, conceptuels ou de méthodes affectés à la question de l'usage ont été questionnés. Tout d'abord, un enjeu majeur du projet consistait à produire un questionnement sur les modes de collecte de données utilisées au CSTB pour traiter de la question des usages et à harmoniser les outils ainsi utilisés.

Un autre enjeu consistait à engager un travail notionnel autour du terme de « vulnérabilité ». Les populations en situation de vulnérabilité sont aussi nombreuses que diverses. Il est apparu essentiel de questionner cette dimension du « vivre la ville » dans trois contextes différents: celui du handicap et de la dépendance (personnes âgées, accidentées, handicapées), celui de la santé en prenant en compte les phénomènes de contamination, avérés ou ressentis dans divers types de bâtiment et celui des populations précaires vivant dans un type de bâti dégradé, insalubre et/ou énergivore.

Enfin un enjeu a été questionné autour de la diffusion récente et de plus en plus répandue des termes de « sobriété », de « performance », « d'efficacité » car ils qualifient désormais aussi bien les bâtiments que la ville. Une déconstruction de ces prénotions est essentielle. Connaitre les comportements des habitants et des usagers des bâtiments dits performants, nouvellement construits (HQE, THQE, Bepos ou BBC) est une demande provenant aussi bien du monde professionnel que des sciences pour l'ingénieur. Dans le contexte du projet, il est apparu important de replacer cette demande dans un contexte réflexif soulignant la nécessité d'examiner avant tout la situation de réception de l'innovation que cet emballement notionnel engendre.

4. BILAN SUR LA PÉRIODE 2010-2013

Intégrant une recherche structurée sur l'observation des lieux de vie existants avec notamment la coordination de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI), la priorité scientifique « Usage - Santé - Confort » a accompagné l'innovation et proposé des solutions pour améliorer la qualité sanitaire et le confort des lieux de vie en tenant compte des pratiques des usagers et de l'accueil des populations les plus vulnérables.

Le programme s'est construit autour de sujets prioritaires pour les pouvoirs publics comme les contaminations chimiques, notamment les composés à fortes incertitudes comme les perturbateurs endocriniens, les composés particulaires, les contaminants microbiologiques, la pollution des sols dont le radon, les radiofréquences, ainsi que l'amélioration des ambiances dans les différents champs du confort des espaces habités et urbains : bruit, vibrations et éclairage. La caractérisation des situations de vulnérabilité comme la précarité énergétique et le vieillissement a été étudiée en parallèle avec l'analyse de la notion et de formes d'usage opérationnel : qualité d'usage, confort d'usage, notion de performance, d'ambiance et d'efficacité.

Connaissance des lieux de vie pour agir

Mieux connaître les environnements proches et évaluer l'exposition des populations aux polluants physiques, chimiques ou microbiologiques et aux situations d'inconfort est essentiel pour évaluer les risques sanitaires et les gênes subis par la population et ainsi les prévenir.

A l'échelle du bâtiment, un important volet d'observation du parc des bâtiments en situation d'occupation a permis, notamment dans le cadre des campagnes menées par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur, de connaître l'état des logements et de la qualité de l'air à laquelle sont exposés les ménages en France. La compréhension des lieux de vie s'élargit aux **espaces accueillant des enfants** (crèches, établissements d'enseignement, lieux de loisirs) et aux immeubles de **bureaux** avec la préparation de deux campagnes nationales respectives. Enfin une attention particulière a été donnée à de nouveaux **polluants à fortes incertitudes** comme les composés organiques semi-volatils (pesticides, phtalates, retardateurs de flamme bromés…) qui font l'objet d'une analyse spécifique dans différents lieux de vie et les nanostructures issues des matériaux nanoadditivés dont le devenir dans le cadre bâti est étudié. La distribution de la **contamination au plomb** dans les poussières, l'eau du robinet et les peintures des logements français accueillant des enfants a été établie pour la première fois. Des développements méthodologiques et métrologiques spécifiques ont accompagné ce travail avec notamment l'élaboration de protocoles de mesure de la qualité de l'air, du confort thermique, acoustique et visuel, le développement de systèmes de flux de données et de bases de données associées, le développement d'une méthode pour qualifier le confort des occupants au travers de mesures biophysiques cutanées.
A l'échelle urbaine, l'amélioration des outils de prévision et d'évaluation de la propagation / dispersion et de l'évaluation des doses reçues par les populations pour un ensemble d'agents physiques en milieu urbain tels que les bruits, les

vibrations, l'éclairage, le vent ou les ondes électromagnétiques ont permis le calcul d'indicateurs pertinents.

Accompagnement de l'innovation en termes de qualité sanitaire et de confort

Nouveaux bâtiments performants en énergie, nouvelles technologies d'éclairage ou de téléphonie mobile, autant d'innovations dont les effets sanitaires questionnent les pouvoirs publics et les utilisateurs. Le CSTB a mené plusieurs recherches pour accompagner les innovations en termes de sécurité sanitaire dont quelques exemples sont cités ci-après.

Le **confort et le bien-être des occupants dans les bâtiments performants en énergie** fait aujourd'hui l'objet d'un programme dédié à l'OQAI. Des protocoles d'évaluation de la qualité de l'air et du confort des bâtiments neufs et réhabilités sont actuellement disponibles et mis à la disposition de tout opérateur intéressé par ces questions. Une base de données dédiée permettra d'avoir des retours d'expérience sur ces nouveaux bâtiments pour mieux suivre leurs évolutions et accompagner les gestionnaires et les décideurs dans la métamorphose énergétique du parc de bâtiments.

Un état des lieux de l'exposition des populations liée à des **antennes de téléphonie mobile** sur plusieurs communes pilotes a été effectué grâce au logiciel Mithra-Rem, développé dans le cadre de la priorité scientifique, qui a permis d'enrichir les cartographies et les répartitions des niveaux de champs électriques issus de modélisations numériques. Ces outils seront particulièrement utiles comme vecteurs d'information et de communication avec les populations et comme aide à la décision pour les responsables politiques et techniques.

La question de la sécurité oculaire des **diodes électroluminescentes blanches de haute puissance (LEDs**), nouvellement sur le marché, a été étudiée en lien avec les caractéristiques spectrales des LEDs blanches, associées à leur forte luminance et au caractère ponctuel de la source. Le travail est en cours pour accompagner des équipes de toxicologues dans leurs expérimentations afin de définir des seuils de tolérance à ces nouvelles technologies d'éclairages.

Proposition de solutions…

Plusieurs actions ont été menées pour améliorer la qualité de l'air intérieur, le bruit, les nuisances vibratoires, les expositions aux substances dangereuses, aux contaminations d'origine biologique et aux nouvelles technologies d'éclairage. Parmi les exemples de solutions innovantes pour améliorer le confort des citadins et celui des occupants des bâtiments, on citera les outils d'aide à la décision et les méthodologies permettant le calcul de l'impact global des **murs anti-bruit** dans des sites complexes, l'amélioration du confort urbain intérieur et extérieur grâce au **végétal en ville**, l'élaboration d'une méthode de **prédiction de la performance acoustique de ce type de bâtiment,** l'accompagnement d'une campagne de prévention sur l'exposition au **radon dans l'habitat** existant sur une échelle intercommunale, le développement d'un prototype **d'indice de confinement** destiné au logement, l'identification des déterminants environnementaux de la contamination virale pour proposer à terme des méthodologies de quantification et d'inactivation des principaux pathogènes viraux dans les espaces clos pouvant limiter la transmission environnementale

des **viroses respiratoires** dans les espaces confinés ou l'élaboration d'une méthodologie permettant de caractériser les **émissions en composés organiques volatils par les produits d'entretien, les fournitures scolaires ou le mobilier des crèches.**

… qui tiennent compte de l'usage

Une analyse du périmètre conceptuel de la notion d'usage a été réalisée. Les passages possibles entre champs, disciplines et thématiques ont été identifiés. L'analyse des utilisations qui sont faites de l'usage dans les outils, et l'incertitude liée à l'usage dans le cycle de vie du bâtiment a été effectuée. Du point de vue d'une dimension appliquée, l'examen du lien entre l'existence des définitions issues de ce périmètre et leur opérationnalité doit permettre l'émergence de termes qui sont autant de manières de qualifier et de représenter l'usage et sont issues de la pratique professionnelle du monde de la construction : qualité d'usage, confort d'usage, performance, ambiance et enfin efficacité.
Par ailleurs, un cadre d'analyse a été posé pour faire apparaitre les caractéristiques communes aux vulnérabilités produites dans 3 domaines : celui des risques sanitaires et environnementaux, celui du vieillissement et celui de la précarité énergétique.

Des recherches menées en support direct aux politiques publiques, comme par exemple :

- L'étiquetage des matériaux et des produits de construction ;
- La surveillance de la qualité de l'air dans certains établissements recevant du public ;
- L'élaboration de Valeurs guides pour l'air intérieur ;
- La réglementation ventilation : révision du RSDT titre II «Règles Générales d'Hygiène de l'Habitat» ; révision des décrets sur l'aération et l'assainissement des lieux de travail ;
- Le COMOP « Radiofréquences, Santé et Environnement ».

Des développements et des innovations valorisables : balise de surveillance de la qualité de l'air intérieur basée sur des microcapteurs, outil de détection des amibes, logiciels AcouSYS (logiciel innovant pour prédire les performances acoustiques des structures multicouches complexes du bâtiment, de l'industrie automobile et de l'aéronautique) et Acoubat-Sound (logiciel permettant d'évaluer les isolements acoustiques aux bruits aériens et aux bruits d'impact dans les bâtiment), stratégie d'optimisation des écrans antibruit avec prise en compte croisée de performances acoustiques, environnementales et économiques, aide à la gestion des bruits liés aux stades, solutions fiables et économes d'éclairage public (démonstrateur d'éclairage public durable [DEDRA] du Cluster Lumière), méthode simplifiée pour valider l'efficacité des stores toile, etc.

Un réseau de chercheurs pluridisciplinaires, en France et à l'étranger

Les chercheurs de communautés pluridisciplinaires ont été mobilisés pour appréhender la complexité des questions posées à la recherche : environnement (physicochimie, microbiologie, physique des aérosols, acoustique, éclairage, électromagnétisme, thermo aéraulique, bâtiment, matériaux, systèmes), sciences humaines (psychosociologie, sociologie, économie), statistiques, modélisation, métrologie. De nombreux partenariats publics et privés ont également été engagés afin d'élargir l'expertise du CSTB et de valoriser les travaux dans des projets nationaux et internationaux.

Le CSTB a été particulièrement attentif à conduire ses recherches en toute neutralité, indépendance et transparence, sur les sujets répondant aux questions de la puissance publique sur les risques sanitaires. En parallèle, des recherches contractuelles avec des partenariats privés ont permis d'engager des projets d'innovation.

A l'échelle internationale, le CSTB s'est positionné dans 6 projets européens (Hosanna, Rivas, Quiesst, Radpar, Sinphonie, Officair). Il a participé à plusieurs actions de collaboration (Cost Action TU0901, JRC-Indoor-Monit) et est membre de plusieurs instances comme l'Organisation mondiale de la santé ou le réseau d'experts américano-européen sur le Long Range Sound Propagation. Par ailleurs des collaborations ont été plus particulièrement nouées avec le National Research Council (NRC) Construction Portfolio (Ottawa, Canada) et le National Institute of Standards and Technology (NIST, Gaithersburg, USA), avec l'accueil de deux chercheurs du CSTB dans ces instituts, sur une durée d'un an et de deux mois respectivement.

La priorité scientifique USC en chiffre

Au total l'effort de recherche sur la période 2010-2013 a été de 13, 7M€, avec 59 % de recherches cofinancées, 30 % de travaux de recherche financés en propre par la subvention pour charge de service public (SCSP) et 11 % dédié au financement de doctorants et au ressourcement via l'abondement Carnot.

Le programme a donné lieu à (*) :

- 18 formations doctorales associées ;
- 93 articles publiés dans des revues françaises ou internationales à comité de lecture ;
- 11 ouvrages ou contributions à un ouvrage collectif ;
- 187 communications dans des conférences avec actes.

10 brevets ont été déposés.

Par ailleurs 5 colloques ou journées scientifiques ont été organisés ou co-organisés sur la thématique.

*Pour ces chiffres, les publications ont été prises en compte sur la période 2010-2013 : avec les délais standards de publication, une partie de ces publications correspond à du travail fait dans la période antérieure. Un certain nombre de publications correspondant au travail effectué entre 2010 et 2013 restent par ailleurs à paraître.

Les résultats obtenus dans chacun des quatre projets sont présentés de manière plus détaillée dans les chapitres suivants.

4.1 CARACTÉRISATION ET GESTION DES ENVIRONNEMENTS ET DES AMBIANCES

Les principaux résultats obtenus sur le sujet des environnements et des ambiances concernent :

La caractérisation du confort global, impliquant la définition du confort humain de l'urbain au bâtiment.

On peut notamment citer les travaux menés sur :

- **la perception sensorielle** avec l'approche concernant le goût et l'odeur de l'eau : la recherche d'une corrélation potentielle entre des mesures physiologiques et gustatives a été menée à partir de méthodes physiologiques non-invasives telles que la mesure des réponses électrodermales (RED), les variations de la fréquence cardiaque (HRV), la microcirculation cutanée (BF) ou encore des signaux électroencéphalographiques (EEG), enregistrés en temps réel lors de la dégustation ;
- **la perception de l'espace sonore** : les recherches ont porté sur différents aspects de la restitution acoustique (auralisation) du bruit d'impact et de son intégration dans le logiciel Acoubat[1], ainsi que l'effet de la diffraction sur la qualité acoustique des bureaux ouverts ;
- **la perception visuelle** de l'environnement urbain par les personnes âgées et par celles présentant un déficit visuel : le travail mené a notamment abordé les aspects liés à l'insécurité selon l'éclairage urbain en place ainsi qu'un retour d'expérience sur les opérations d'extinction de l'éclairage public la nuit, plusieurs solutions s'offrant aux élus municipaux pour atteindre leurs objectifs énergétiques ;
- **Le développement d'indicateurs permettant l'évaluation du confort** relatifs :
    - aux vibrations environnementales en lien avec le trafic ferroviaire et les chantiers de construction/démolition intégrant la perception corporelle (vibrations) et auditive (bruit solidien) : identification de descripteurs principaux de nuisance tels que le niveau maximum, plutôt reliés aux perturbations des activités et du sommeil, ou le niveau équivalent pour les vibrations et le bruit solidien, davantage reliés à la gêne à long terme ;
    - au domaine du confort visuel, avec le développement d'un indicateur représentatif du risque d'éblouissement annuel dans l'ensemble d'un local ;
    - le domaine du confort au vent avec un point effectué sur les critères et les seuils usuellement utilisés et la définition d'un nouveau type de

[1] Logiciel de prédiction des performances acoustiques d'un ouvrage du bâtiment à partir des performances des produits développé par le CSTB

capteur pour répondre aux besoins des acteurs des projets de construction ou d'aménagement.

L'amélioration des outils de prévision et d'évaluation

Dans les domaines de **l'acoustique du bâtiment,** un nombre conséquent d'améliorations des modèles prévisionnels a été effectué en cohérence avec les travaux du CEN/TC126, avec de futures normes à la clef : extension des tabulations de l'indice d'affaiblissement vibratoire de jonction, utilisation des isolements vibratoires mesurés de jonctions de parois, performance d'ouvrages et d'éléments légers ainsi que bruits d'équipement. **En acoustique urbaine**, un modèle de référence basé sur une résolution rapide du problème théorique (algorithme multipolaire rapide appliqué aux éléments de frontière : Fast-BEM) a été développé et permettra de valider les évolutions de la norme française NMPB-2008 pour l'urbain. Dans le domaine des **ondes électromagnétiques**, les bâtiments atypiques comme les arches et les tunnels ou les formes de toits complexes ont été pris en compte dans les méthodes de propagation.

L'amélioration et l'adaptation des méthodes de mesure

De nouvelles méthodes de caractérisation des matériaux poreux ont été mises au point au LABE (Laboratoire d'acoustique du CSTB), directement utilisées dans les outils prévisionnels permettant une optimisation des produits par les industriels. Par ailleurs, le développement de méthodes de mesure *in situ* de la dispersion acoustique et de la diffusivité globale d'un volume fermé a été entrepris.

Concernant le bruit d'équipement, une source de référence utilisable sur des parois verticales et horizontales a été développée et réalisée. Elle a été utilisée pour comparer le bruit structural émis sur différents types de paroi support (lourd et léger).

Des tests d'écoute ont été développés pour étudier la corrélation entre la gêne ressentie par des occupants et les indicateurs de performance acoustique généralement utilisés intégrant ou non les basses fréquences (tiers d'octave de 50 à 80 Hz).

Enfin, les travaux de recherche ont également permis de construire un corpus de connaissance sur le confort au vent et la sécurité des piétons avec des développements dans la métrologie des écoulements, des moyens de traitement de la mesure et des indicateurs de confort au vent. Un logiciel d'analyse du confort au vent dédié aux essais en soufflerie à couche limite atmosphérique a été développé. Une métrologie (boule chaude rapide) plus en accord avec la nature 3D des écoulements a été développée et mise en œuvre. A terme, ce type de mesure remplacera les sondes de mesure pariétale Irwin (sonde utilisé par la concurrence).

Les approches multicritères : notamment confort, énergie, environnement

Plusieurs actions ont été menées afin d'optimiser des enjeux complémentaires du développement durable : le confort et l'énergie.

Le rôle du végétal sur les ambiances urbaines a ainsi été étudié avec la réalisation de bancs expérimentaux végétalisés et d'outils de simulation de

performances et ont permis de de proposer une formulation pour la RT2012 prenant en compte simultanément leurs aspects thermique et énergétique, et de mettre en évidence l'optimisation de la gestion des eaux pluviales lors d'événement pluvieux extrêmes.

Un projet portant sur *le management des dépenses énergétiques pour l'obtention du bien être* à l'intérieur d'un habitacle de véhicule électrique a été mené en collaboration avec l'IBP-Fraunhofer et avec l'implication technique de Valeo, s'est traduit par une application concrète d'une approche multi-sensorielle acoustique-thermique. S'appuyant à la fois sur des mesures de l'activité du Système nerveux autonome (SNA, de la thermorégulation (thermographie du visage) et sur l'étude comportementale (interaction homme-environnement), cette expérimentation a permis d'identifier et de décrypter les comportements en présence des différentes sources de gênes (thermique et acoustique) pour l'obtention du bien être dans un contexte où l'énergie disponible pour le chauffage est équivalente à celle d'un véhicule électrique.

Le projet européen Quiesst a permis de développer une méthodologie originale d'évaluation multicritères de la performance d'un écran antibruit routier, en prenant en compte simultanément les aspects acoustiques, économiques et environnementaux, ceci par le biais d'indicateurs agrégés dédiés (respectivement Acou, Cost et Env) et pour différentes familles de protection anti-bruit et plusieurs matériaux manufacturés.

Les solutions d'amélioration du confort

Plusieurs travaux de recherche ont été menés qui ont permis de développer des solutions à des problèmes de confort :

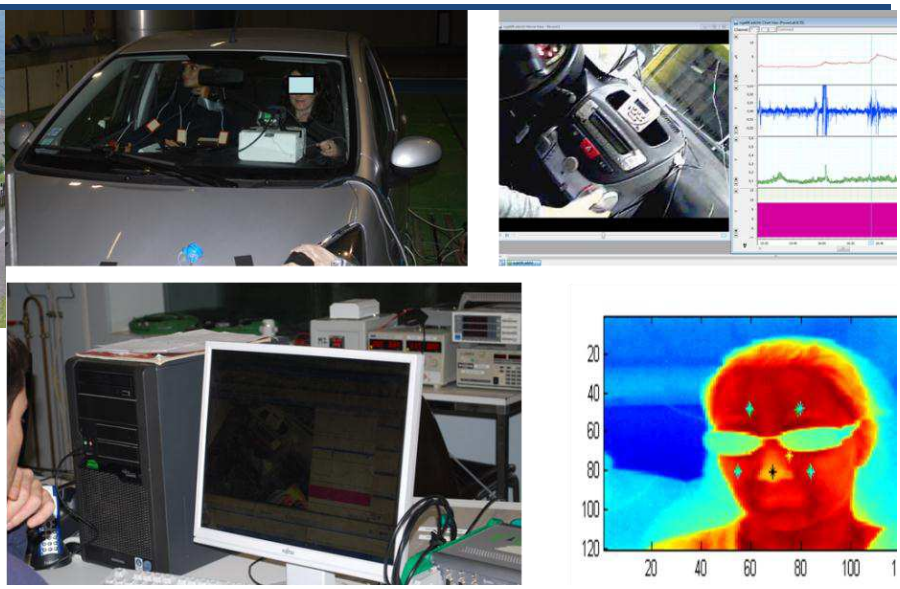
- **Ambiances lumineuses intérieures** : une étude paramétrique a été menée sur le niveau d'éclairement et les risque d'éblouissement dans un local type, de type bureau individuel, équipé d'une seule ouverture pour étudier les meilleures combinaisons des paramètres photométriques d'une toile : coefficient d'ouverture, transmission lumineuse et réflexion lumineuse ;
- **Atténuation vibratoire dans les bâtiments** : des méthodes de prévision et de contrôle sur site des performances des dispositifs d'atténuation vibratoire dans les bâtiments (plots élastomères et boites à ressort) ont été définies et leur faisabilité démontrée à l'aide du modèle numérique Mefissto, au sein du projet Diavibat. Un état de l'art sur l'effet de ces dispositifs sur la stabilité structurale des bâtiments, en particulier en zone sismique a été rédigé ;
- **Confort visuel urbain** : un état de l'art sur les solutions d'amélioration possibles et réalistes ainsi qu'un retour d'expériences sur les réalisations menées en France ont permis d'identifier des solutions pour garantir un niveau de confort compatible avec les exigences de sécurité. Les leviers d'actions sont nombreux aussi bien sur les matériels d'éclairage que sur les organes de commande et de régulation. Ces solutions ne sont acceptées par la population que si une évaluation des besoins est faite en amont. Les spécificités liées au mode de vie sociale d'un quartier ou d'une ville doivent nécessairement être pris en compte, faute de quoi les solutions mises en place ne sont pas admises et comprises ;

- **Végétal en milieu urbain** : des compétences permettant de mieux répondre aux demandes d'ATec mais aussi d'améliorer les règles d'urbanisme (EcoQuartier, POS, PLU,…) ont été acquises afin de pouvoir proposer des solutions d'amélioration du confort tant à l'échelle du bâtiment qu'à celle du quartier ;
- **Acoustique urbaine** : des solutions innovantes de lutte contre le bruit des transports terrestres en milieu urbain, basées sur l'utilisation de moyens naturels (substrat végétaux et terre végétalisables, bois, gabions…), ont été étudiés dans la thèse de Faouzi Koussa (2009-2012) ainsi que dans le projet européen Hosanna coordonné par Chalmers University. Plusieurs solutions prometteuses, notamment des murs anti-bruit de faible hauteur de 1 m maximum, ont été développées et présentées dans un *handbook* qui sera publié en 2014.

Le projet *Caractérisation et gestion des environnements et des ambiances* en images



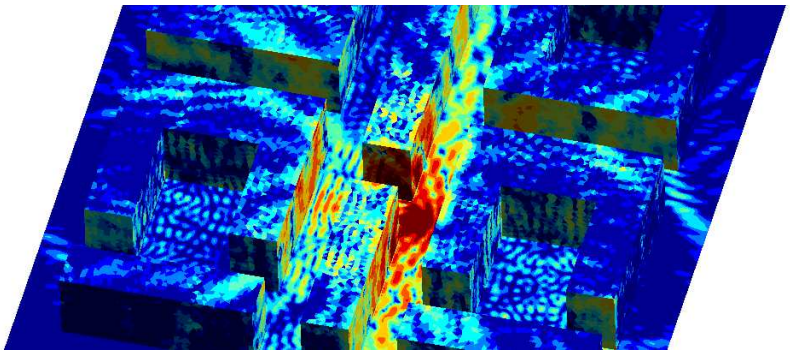
Ecran urbain : vue de l'expérimentation avec dispositif et performance moyenne mesurée



Approche multi-sensorielle acoustique-thermique : équipement et logiciels



Salle de tests d'écoute pour l'évaluation de la gêne liée aux basses fréquences



Prévision du niveau de pression acoustique en urbain par une méthode Fast-BEM

4.2 EXPOSITION DES POPULATIONS AUX POLLUTIONS ET AUX NUISANCES

Les principaux résultats obtenus sur la caractérisation des expositions de la population françaises à différents polluants et nuisances dans les environnements intérieurs, les points suivants sont présentés ci-après.

Expositions cumulées aux composés organiques semi-volatils (COSV) dans les logements en France : une cinquantaine de COsV, parmi lesquels des perturbateurs endocriniens, a été analysée dans les poussières au sol des logements. Les COSV recherchés comprennent des phtalates, des pesticides (organophosphorés, organochlorés, pyréthrinoïdes, atrazine, oxadiazon), des polychlorobiphényles, des retardateurs de flammes bromés, des hydrocarbures aromatiques polycycliques (dans l'air uniquement), des muscs synthétiques, le bisphénol A (projet de recherche global OQAI- ECOS-Habitat (2011-2015)). Le travail mené a permis de développer et d'évaluer les performances d'une méthode d'analyse multi-résidus d'analyse de 55 COSV dans les poussières domestiques. Les conditions de stockage des échantillons ont également été testées. Ces résultats ont conduit à la proposition de recommandations en termes de durée et de température maximales de stockage pour chaque substance.

La contamination en plomb et en métaux des logements en France : l'analyse des données de la campagne nationale Plomb-Habitat a permis de (1) déterminer la contamination du plomb, extrapolable aux 3,6 millions d'habitations abritant au moins un enfant âgé de six mois à six ans en France métropolitaine, à la fois dans l'eau, les poussières au sol, les peintures au mur, les surfaces de jeux des enfants autour du logement et les objets traditionnels, (2) d'identifier les déterminants environnementaux de ces concentrations, (3) d'élaborer un modèle prédictif des plombémies selon les concentrations dans les différents média résidentiels dans l'objectif de fixer des valeurs limites de concentrations.

7 500 habitations (0,2 % des logements étudiés) et 45 000 parties communes présentent ainsi une concentration en plomb dans les poussières déposées au sol supérieure aux recommandations américaines (en l'absence de valeurs de gestion françaises). Les résultats montrent que les poussières au sol du palier des parties communes, contaminée en plomb, représentent le premier et le principal contributeur à la contamination des poussières à l'intérieur du logement. Cette contribution est très supérieure à celle des autres sources identifiées.

Qualité de l'air et confort des salles de classe dans les écoles maternelles et élémentaires en France : une campagne nationale visant 300 écoles maternelles et élémentaires représentatives (600 salles de classes tirées au sort aléatoirement) a été lancée dans le cadre du programme Lieux de vie fréquentés par les enfants de l'OQAI. Elle a pour objectif de renseigner l'exposition des élèves à de nombreux agents physiques et chimiques parmi lesquels les composés organiques volatils et semi semi-volatils , les métaux dans les poussières au sol et les peintures (pour le plomb), la concentration en masse

(fraction $PM_{2.5}$) et en nombre de particules, le dioxyde d'azote (NO_2) et le dioxyde de carbone (CO_2), les allergènes de chat, de chien et d'acariens dans les poussières de matelas (dortoirs des écoles maternelles), la température et l'humidité relative, le niveau de bruit et d'éclairement. Elle vise également la collecte de données sur les caractéristiques de l'établissement, les caractéristiques du bâtiment et des salles de classe, l'occupation des salles et les activités et la perception du confort d'ambiance des élèves et de l'enseignant.

Les protocoles de mesures et les questionnaires sont aujourd'hui finalisés. Les appareils de mesure ont été intégrés dans un portoir sécurisé et insonorisé. Les opérateurs locaux qui réalisent les enquêtes ont été sélectionnés et formés. La collecte des données est réalisée de 2013 à 2016, du lundi au vendredi dans chaque classe. Les résultats des questionnaires d'enquête et des analyses sont intégrés au fur et à mesure dans une interface web sécurisée développée dans le cadre du projet, qui vérifie automatiquement la qualité des données (complétude, cohérence, etc.). A fin 2013, 65 écoles ont été instrumentées dans 6 régions.

Une étude spécifique a également été menée sur le confort acoustique des salles de classe. Des mesures acoustiques "détaillées" ont ainsi été réalisées dans 3 établissements scolaires appartenant au panel retenu par l'OQAI en Savoie, Haute-Savoie et en Région parisienne. Ces mesures concernent principalement le temps de réverbération, le taux de décroissance sonore spatiale, l'indice de transmission de la parole (intelligibilité), ainsi que des mesures d'isolement acoustique aux bruits aériens et aux bruits d'impact entre les salles de classe et entre les salles de classe et le couloir.

Qualité de l'air et confort dans les immeubles de bureaux en France : une campagne nationale dans les immeubles de bureaux a démarré en 2013 sous l'égide de l'OQAI. 300 immeubles de bureaux ont été tirés au sort à partir de la base de données du parc des immeubles commerciaux (HBS-Research) sur les 13 709 (représentant 284 521 compagnies) répondant aux critères suivants : présence d'un code NAF, plus de 50 occupants, plus de 650 m^2 de bureaux, propriétaire et occupants connus. Chaque immeuble est instrumenté pendant une journée avec des mesures réalisées dans cinq espaces de travail. Ces espaces représentent la variété des espaces de travail de l'immeuble, hors salles de réunion et de visioconférence. Ils sont autant que possible répartis sur différents étages et sur les différentes façades (différentes orientations). Les paramètres mesurés sur 6 heures sont les composés organiques volatils (COV) dont les aldéhydes, les particules ultrafines (entre 0,01 et 1 µm), la température, l'humidité relative et le dioxyde de carbone (CO_2). Les caractéristiques de l'immeuble et les usages susceptibles d'influencer la qualité de l'air intérieur sont renseignés. Le confort perçu par les occupants est documenté via un auto-questionnaire. L'enquête est complétée par un questionnaire descriptif des principales composantes du bâtiment jouant un rôle dans la performance énergétique. A l'instar de la campagne écoles, les protocoles de collecte des données sont aujourd'hui disponibles, les résultats des questionnaires et des analyses sont intégrés au fur et à mesure dans une interface web sécurisée développée dans le cadre du projet. En 2013, une dizaine d'immeubles ont été instrumentés dans deux régions.

A l'échelle européenne, dans le cadre du projet Officair, des protocoles de mesure et des questionnaires ont également été élaborés pour mener des enquêtes sur la qualité de l'air et le confort de 160 immeubles de bureaux neufs ou réhabilités.

Qualité de l'air et confort dans les bâtiments performants en énergie : la qualité de l'air intérieur (QAI), le confort des occupants et les consommations réelles d'énergie ont fait l'objet d'un suivi longitudinal dans deux maisons performantes en énergie à réception (phase d'inoccupation), puis en situation d'occupation en été et en hiver sur 3 saisons consécutives entre 2009 et 2012 (Projet OQAI). Ces deux habitations à ossature bois étaient équipées d'un système de ventilation mécanique double flux et d'un poêle-cheminée au bois comme principal moyen de chauffage.

Par ailleurs un dispositif de remontée de données et de partage d'information - dénommé « OQAI- Bâtiments performants en énergie» ou « OQAI-BPE a été mis en place afin de constituer un fond commun de données sur la qualité de l'air et le confort des nouveaux bâtiments. Les données sont rassemblées dans des conditions diverses de missions et de relations entre acteurs, mais obtenues via la mise en œuvre, par engagement volontaire, d'un « protocole harmonisé » de mesurage, de collecte et de transfert d'informations développé par l'OQAI avec ses partenaires scientifiques et techniques. Ce « protocole harmonisé » rassemble l'ensemble de la stratégie d'échantillonnage et de collecte des données permettant de caractériser différents indicateurs de qualité de l'air intérieur et du confort dans les bâtiments performants en énergie. Les données collectées au moyen de ce protocole sont transmises à une base de référence nationale exploitée par l'OQAI et mise à la disposition des ministères et des agences ainsi que des acteurs du bâtiment.

Plusieurs opérations ont déjà démarré dans différentes régions, en association, notamment, avec le programme Prebat et mises en œuvre par les Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA), les Centres d'études techniques de l'équipement (Cete) et l'Ineris.

Développement d'outils d'aide à la décision : suite au développement du premier prototype d'indicateur de confinement de l'air dans les écoles (Lum'AIR®) qui a été déployé dans la campagne pilote de surveillance de la QAI dans les écoles, le CSTB a finalisé en 2013 dans le cadre du programme de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur, un module de confinement d'air appliqué aux logements après des derniers tests auprès d'occupants volontaires. Ce nouvel appareil complète la gamme existante pour tenir compte des attentes des occupants des logements.

Le Lum'AIR® logement est un appareil permettant de visualiser le confinement de l'air intérieur d'une pièce à partir de la mesure de la concentration en CO_2. L'appareil mesure également la température et l'humidité relative. L'affichage comprend un écran LCD permettant de visualiser les différentes informations des paramètres mesurés, complété par trois LEDs reflétant le niveau de confinement instantané.

Dix prototypes ont été livrés en janvier 2013 et déployés dans des logements, entre mars et avril 2013, afin de tester leur fiabilité technique en œuvre et leur acceptation par les occupants. Les retours de terrain de cette expérimentation ont permis également de connaître les niveaux de confinement des logements, les modifications de comportement des occupants vis-à-vis de l'aération de leur logement induites par la présence du module de confinement de l'air et leurs attentes pour un outil commercialisable. Tous les occupants ont utilisé l'appareil mis à leur disposition. Ils ont émis un avis favorable sur l'appareil : fonctionnel, facile d'utilisation. Certains ont proposé quelques modifications ou fonctionnalités complémentaires, notamment sur les aspects de consultation en ligne.

Etude exploratoire du coût socio-économique de la qualité de l'air intérieur : une étude du coût socio-économique de la pollution de l'air intérieur a été réalisée pour la première fois en France, par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), le Centre scientifique et technique du bâtiment , dans le cadre du programme de travail de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur , et Pierre Kopp, Professeur d'économie de l'université Sorbonne Panthéon I. Basée sur le coût externe sur le bien-être (mesure du coût d'opportunité des ressources dissipées du fait de l'existence de la pollution de l'air intérieur : vies humaines perdues du fait des maladies, pertes de production, etc.) et l'impact de la variation du solde des finances publiques engendrée par la présence des polluants de l'air intérieur (soins des malades, recherches, prévention, etc.), cet exercice a porté sur six polluants : le benzène, le trichloroéthylène, le radon, le monoxyde de carbone, les particules et la fumée de tabac environnementale.

Le coût pour la collectivité de la pollution intérieure, décrite par ces six polluants, serait de l'ordre de 19 milliards d'euros pour une année. Même si ces résultats ont un caractère plus illustratif que définitif du fait des nombreuses hypothèses posées, il en ressort que l'ordre de grandeur de ces coûts n'est pas négligeable et que ce sont les particules qui en représentent une part prépondérante.

Veille documentaire sur les données disponibles en France et à l'étranger en matière de qualité d'air intérieur : une mise à jour de la veille documentaire en France a été effectuée, en prenant en compte tous les lieux de vie à l'exception des habitacles de transport. Les substances considérées sont : COV, aldéhydes, CO_2, métaux, particules, fibres d'amiante, radon, CO, NO_x, phtalates, bromés, fluorés, biocontaminants (virus, champignon, allergène, acarien, légionnelle). Les champs électromagnétiques sont exclus. 125 rapports et 25 articles scientifiques ont été recensés et analysés.

Pour la veille documentaire internationale, seuls les lieux de vie ciblés par les campagnes nationales de l'OQAI ont été étudiés, à savoir écoles, bureaux et bâtiments performants en énergie, à des fins de mise en perspective des résultats. 50 articles scientifiques ont été recensés à fin décembre 2012. Compte tenu du volume de données disponibles, il a été décidé de s'intéresser aux campagnes menées dans un nombre suffisamment important de lieux. Ainsi sont retenues les études ayant au moins étudié 30 logements, 20 écoles et 10 bureaux.

Une base de données a été élaborée en vue de compiler de façon synthétique et facilement exploitable les résultats de ces deux revues documentaires. Il a été convenu de mettre en ligne cet outil sur le site web de l'OQAI. Les modalités sont à l'étude, pour une utilisation facile et une sécurisation des données en ligne.

Photoxicité des LEDs sur la rétine : Dans le cadre du projet Retinaled (*Evaluation des risques pour la vision de l'utilisation de LEDs pour l'éclairage domestique*), et en partenariat avec l'Inserm, le Centre de recherche des Cordeliers et l'Ecole nationale vétérinaire d'Alfortville, le CSTB a conçu des dispositifs compacts pour l'étude du risque photobiologique associé à l'exposition à la lumière bleue des LEDs chez des rats. Une enceinte composée de deux cages, chacune pouvant contenir un rat, et fournissant un éclairement intense et homogène a été réalisée. Les sujets y sont soumis à une lumière "bleue" équivalente au rayonnement présent dans mille lux apportés par des LEDs "blanches". Les quatre types de sources commutables sont des puces à LED de références.

Recherche des sources de pollution et prévision de la qualité de l'air dans les environnements intérieurs : un inventaire des modèles inverses permettant d'identifier les sources de pollution et leur contribution à partir des mesures de fluctuations de concentrations a été effectué. La détermination d'une méthodologie d'identification des sources et de leur contribution et le développement d'un modèle prévisionnel de la concentration est actuellement en cours dans le cadre du projet Primequal "Suivi dynamique en temps réel de la qualité de l'air intérieur dans un environnement de bureaux – Contributions des sources et modèle prévisionnel (Tribu)" démarré en 2012 pour une durée de 3 ans.

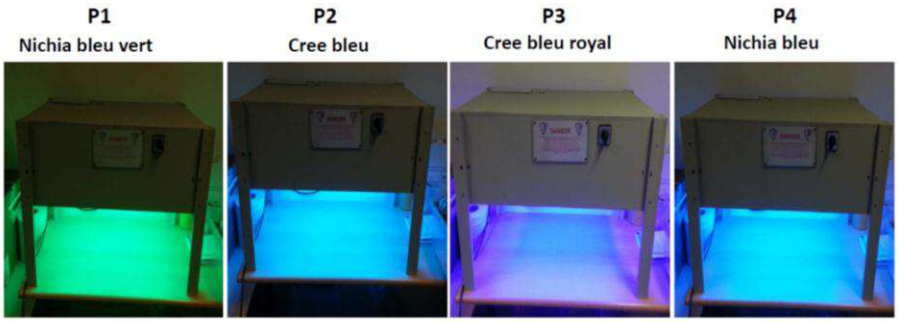
Le projet *Exposition des populations aux pollutions et aux nuisances* en images



Lum'AIR logement : prototype du module de confinement de l'air



Campagne nationale Bureaux de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) : mesure des paramètres d'ambiances dans un bureau



Dispositifs d'illumination pour l'étude du risque photobiologique associé à l'exposition à la lumière bleue des LEDs chez des rats (Projet RETINALED)

4.3 GESTION DE LA QUALITÉ SANITAIRE DES ESPACES CLOS

Plusieurs résultats majeurs ont été obtenus sur les thématiques suivantes :

Définition et réalisation d'outils métrologique

Les efforts sur cette thématique ont essentiellement porté sur la mise en œuvre d'outils de surveillance et de diagnostic des moisissures dans les espaces clos avec, en corollaire, la recherche d'empreintes biochimiques spécifiques de la croissance de mérule, du développement d'espèces d'Aspergillus ou encore de la production de mycotoxines.

Outre l'élaboration d'indices biochimiques dédiés à la détection de ces différents microorganismes délétères, un microsystème de mesure des molécules chimiques d'intérêt a été élaboré. Ce système permet une détection rapide d'un développement fongique dans un environnement intérieur. Cette caractéristique, couplée aux avantages apportés par l'indice de contamination fongique (détection des contaminations cachées), en fait un outil pertinent pour la surveillance de la qualité microbiologique des espaces clos.

Caractérisation des sources de pollution et approche phénoménologique de l'exposition des occupants

La caractérisation des émissions volatiles à partir de différentes sources d'émission de polluants intérieurs a permis de définir des critères représentatifs et réalistes pour la mise en place d'un étiquetage obligatoire de produits, sur le même principe que pour les produits de construction, selon les recommandations du Plan national qualité de l'air intérieur :

- **Produits ménagers et d'entretien** : le projet de recherche Primequal-Adoq a apporté des données significatives sur les émissions de polluants volatils et leur réactivé dans les environnements intérieurs avec une méthodologie d'évaluation des émissions chimiques des produits ménagers inspirée des normes Iso en vigueur pour les produits de construction et la mise à disposition de la communauté scientifique et des pouvoirs publics d'un nombre important de données d'émissions. Une augmentation des

concentrations dans l'air intérieur a été observée systématiquement après l'utilisation des produits ménagers pour les COV, et très fréquemment pour les aldéhydes. Certains produits ménagers produisent également des aérosols organiques secondaires (particules de petite taille inférieure à 100 nm) et d'autres composés dont les effets sur la santé sont suspectés. Enfin, l'étude a montré la formation de produits secondaires tels que le dioxyde d'azote (NO_2), composé aux effets sanitaires avérés et susceptible d'induire des phénomènes de réactivité de surface avec possible production d'acide nitreux (HONO).

- **Fournitures scolaires et produits d'entretien présents dans les écoles :** l'étude exploratoire de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur a montré l'émission de nombreux COV lors de l'utilisation de produits liés aux activités scolaires. Certaines fournitures scolaires testées, comme la peinture acrylique, l'encre de Chine, le feutre effaçable à sec, la gouache liquide et la peinture vitrail, ont attiré l'attention car les émissions de certains COV et/ou aldéhydes étaient plus élevées que pour les autres produits testés.

- **Mobiliers des crèches** : le projet Primequal-Mobair-C (Contribution du MOBilier à la qualité de l'AIR des Crèches) a apporté des connaissances sur les émissions de composés organiques volatils et de formaldéhyde de 21 meubles pour crèche et école maternelle et de 38 éléments constituant ces meubles. De manière générale, les émissions des meubles étudiés se sont avérées relativement faibles avec une décroissance des émissions dans le temps. Les travaux réalisés semblent montrer que la grande majorité des facteurs d'émission des meubles complets sont inférieurs à la somme des émanations des éléments qui les composent. Cette observation aurait besoin d'être consolidée par des tests complémentaires sur d'autres typologies de meubles, mais, si elle était confirmée, un étiquetage du mobilier pourrait être proposé sur la base de la connaissance des émissions unitaires des différents composants des meubles. Par ailleurs, un outil d'aide à la décision permet désormais d'obtenir une estimation des émissions en formaldéhyde et en COVT (composés organiques volatils totaux) pour un meuble constitué de matériaux dont les émissions ont été mesurées (selon les normes Iso 16000).

- **Matériaux de construction** : le projet de recherche « Compréhensions des émissions à moyen et long terme des matériaux de construction » (Cortea - Cemmat) a permis la définition de protocoles de vieillissement des matériaux d'après leurs conditions d'usure et d'usage. L'évaluation des émissions à moyen et à long terme des matériaux selon les scénarii de vieillissement considérés est en cours sur un revêtement de sol plastique, un parquet stratifié et un revêtement de sol biosourcé.

L'étude des déterminants environnementaux de **l'exposition virale et la caractérisation de la diversité microbienne de l'air intérieur** ont également été abordées. Les travaux réalisés dans le cadre d'un travail de thèse ont permis de développer un outil laboratoire d'aérobiocontamination afin d'étudier le rôle des supports sur la persistance du virus Influenza. Le dispositif expérimental élaboré permet, de façon sécurisée, d'obtenir une contamination reproductible par un bioaérosol stable et viable. Les premiers essais d'aérobiocontamination réalisés sur six matériaux ont mis en évidence la propension de certains à

réduire l'infectiosité du virus influenza. Ainsi, la méthodologie développée pourrait être employée pour tester de nombreux supports afin d'en apprécier le caractère virucide et d'appréhender le rôle d'autres facteurs abiotiques sur l'infectiosité des virus sur les supports.

La description, par pyroséquençage, de la diversité microbienne « bruit de fond » de l'air d'espaces clos sensibles a été menée avec le développement d'une métrologie de collecte et d'analyse des bioaérosols des environnements intérieurs, l'étude *in situ* de la diversité microbienne aéroportée et l'étude des virus respiratoires en aérosols. Ainsi, des stratégies d'échantillonnage ont été développées afin d'accéder à la stabilité temporelle de la diversité microbienne bruit de fond, avec des dispositifs dédiés à la réalisation de prélèvements ponctuels (durées d'échantillonnage de l'ordre de l'heure réalisés directement dans le volume à investiguer) et de prélèvements intégrés (28 jours) au niveau des gaines de ventilation des bâtiments. Cette étude a également abouti à la création d'une base de données de la diversité microbienne bruit de fond de divers environnements intérieurs tels que le musée du Louvre, le métro parisien ou des espaces de bureaux, susceptibles d'aider à la gestion des alertes épidémiques dues aux aérosols microbiens.

Recherche des solutions de gestion

Plusieurs résultats ont été obtenus dans ce cadre :

Amélioration des outils de gestion de l'impact des polluants gazeux des sols en relation avec la QAI : l'amélioration des modèles d'évaluation des risques a porté sur la prise en compte plus réalistes des débits d'air venant du sol ainsi que des principaux phénomènes de convection et diffusion à l'interface entre le sol et le bâtiment en tenant compte des différentes typologies de soubassement. Le développement d'un modèle de dimensionnement des conditions de fonctionnement des systèmes de dépressurisation du sol (SDS) passifs utilisés pour protéger les bâtiments des pollutions gazeuses venant du sol selon leurs contextes et leurs environnements (implantation des bâtiments - tirage thermique, effet du vent - et du système de ventilation des bâtiments) a également été proposé. Sur la base de ces développements et résultats, un prototype d'outil de dimensionnement a été réalisé afin de tester l'aptitude mécanique d'un tel système en fonction de certaines caractéristiques du bâtiment, de son environnement et de données météorologiques.

Développement d'un outil de prédiction de l'exposition aux polluants émis par les produits de construction : les travaux réalisés ont consisté à écrire une première version du modèle physique déterministe de prévision de l'impact des émissions de polluants volatils des produits de construction sur la qualité de l'air intérieur dans l'environnement Matlab-Simulink. ils ont également été l'occasion d'étudier l'influence de la vapeur d'eau sur les paramètres physiques utilisés comme paramètres d'entrée de ce type de modèle (coefficients de sorption et de diffusion) et sur la réactivité chimique des matériaux de construction à liants urée-formol. Cependant, l'abandon fin 2011 de la thèse dédiée sur le sujet a fortement compromis l'avancée des travaux prévus et a imposé une réorientation de cette action de recherche. Courant 2012, l'action de recherche a été réorientée vers le développement d'un module simplifié de

prédiction de la qualité de l'air intérieur destiné à être intégré dans un outil de calcul de la qualité environnementale du bâtiment (QEB), tel que l'outil Elodie du CSTB. L'approche de modélisation simplifiée a été utilisée dans le cadre du projet Mobair-C pour calculer les concentrations résultantes en formaldéhyde et en COVT liées à l'utilisation du mobilier de petite enfance dans les crèches et du mobilier scolaire dans les écoles maternelles. Elle a également été utilisée avec succès dans le cadre d'une expertise menée par le CSTB sur la sélection de produits de construction à faible taux d'émissions de formaldéhyde pour la rénovation de la Maison de la radio.

Intégration des matériaux nanostructurés dans le cadre bâti : l'action de recherche avait pour objectif de qualifier le devenir des nanostructures issues des matériaux nanoadditivés dans le cadre bâti. Elle a intégré une étude bibliographique présentant un bilan des typologies et des connaissances concernant les matériaux photocatalytiques affichant des propriétés épuratrices de l'air des environnements intérieurs, vis-à-vis des polluants chimiques et microbiologiques. Cette synthèse rassemble les méthodologies d'évaluation, l'état des connaissances sur l'efficacité de ces matériaux, les éventuels effets secondaires et un panorama de la recherche en cours sur ce sujet. Le projet de recherche Primequal-IMP-Air (impact des matériaux photocatalytiques sur la qualité de l'air des environnements intérieurs) visait pour sa part à apporter des connaissances nouvelles sur l'émission de nanoparticules manufacturées, observée dans des conditions réalistes d'usage telles que des sollicitations mécaniques (i.e., abrasion lors du nettoyage, perçage, …) ainsi que sur la formation de sous-produits réactionnels secondaires issus de l'activité photocatalytique de ces matériaux. Une quinzaine de matériaux a été sélectionnée parmi lesquelles des céramiques et des peintures ainsi qu'un spray commercialisé d'une suspension de dioxyde de titane qui peut être appliqué sur différents matériaux et ainsi leur conférer des propriétés photocatalytiques. L'évaluation de l'efficacité photocatalytique des matériaux est réalisée par suivi dans le temps de la dégradation d'un colorant (Orange G ou bleu de méthylène) sous l'effet d'un rayonnement solaire constant dans une enceinte contrôlée en température et en humidité. Une plateforme d'essai développée au CSTB pour étudier le relargage de particules lors de sollicitations mécaniques des matériaux est en cours de développement.

Gestion du risque « Moisissures » dans les bâtiments : les actions menées ont consisté en (1) l'accompagnement d'industriels proposant des technologies innovantes pour réduire la facture énergétique des bâtiments tout en assurant une qualité d'air intérieur optimale (projet Fondatherm), (2) l'étude et la compréhension de la dynamique de colonisation microbienne des supports (projet Primequal « Étude et compréhension de la dynamique de colonisation microbienne des matériaux : vers l'élaboration de nouveaux traitements préventifs adaptés aux environnements intérieurs »), (3) l'évolution de l'essai dédié à définir le comportement des produits du bâtiment et particulièrement des isolants biosourcés vis-à-vis d'une contamination fongique afin de prendre en compte la classe d'emploi desdits matériaux, et (4) l'élaboration d'un guide à destination des particuliers confrontés à des développements de moisissures dans leur logement.

Le projet *Gestion de la contamination des espaces clos* en images



Evaluation des émissions des produits ménagers et de la réactivité : campagnes de mesures en environnement réel

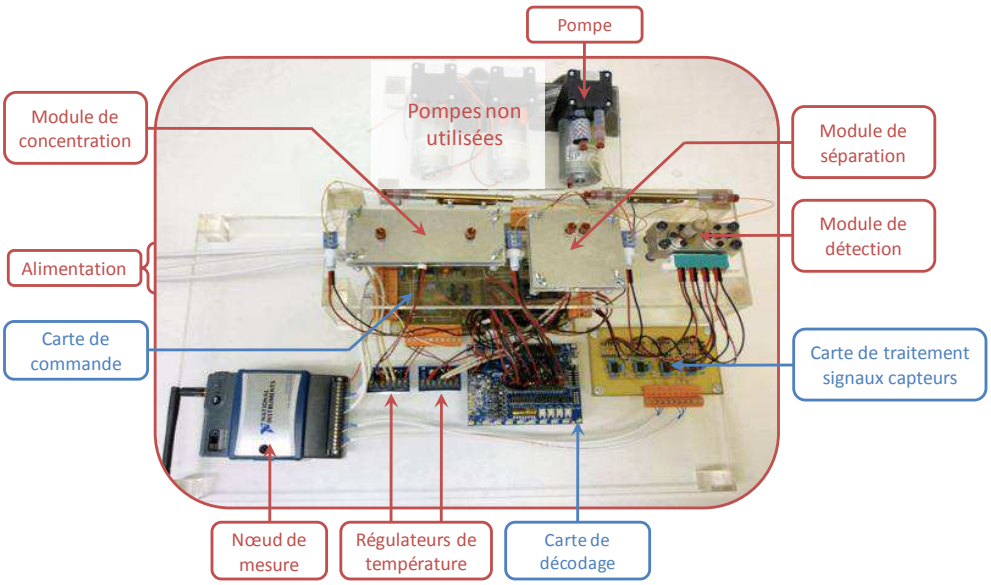


Salle de bal (salle 3)



Point de prélèvement A

Mesure de l'indice « basidiomycètes » dans différents types d'environnements réels : musée du Louvre et château de Fontainebleau



Prototype d'un microsystème dédié à l'analyse des COVs

4.4 PRISE EN COMPTE DES USAGES, DU BÂTIMENT À LA VILLE

Les résultats obtenus dans ce projet viennent alimenter la double réflexion en termes de contenu et de méthode à l'origine du projet.

Deux séries de résultats sont ainsi disponibles : les premiers viennent éclairer une discussion sur la définition et la mobilisation des outils permettant de qualifier la notion d'usage au CSTB. Il s'agit, dans ce contexte précis, d'alimenter un tronc commun théorique susceptible d'être enrichi de manière continue.

Dans le domaine des définitions, il ressort de l'enquête menée auprès de chercheurs du CSTB qu'il **est affecté un sens au mot usage qui varie selon le contexte** dans lequel il est employé ce qui rend difficile l'échange autour d'un sujet dont les termes ne font pas consensus. Les mots « usages » et « usagers » sont utilisés de manière synonyme. Ainsi, il ressort de l'enquête un paysage de réflexion sur l'usage au CSTB permettant d'en proposer trois définitions génériques qui débouchent sur trois définitions opérationnelles : l'usage est défini **au sens d'occupation d'un espace,** renvoyant aux notions de pratiques, de comportement de coutume, d'habitude **; au sens d'utilisation de dispositifs,** ce qui renvoie aux notions d'utilisation et d'emploi ; et **au sens d'exigence de confort et de besoins. Il est d'autant plus important de souligner que de ces postulats découle la production de données qui viennent alimenter les outils prenant en compte l'usage.** Ce travail de recherche pose ainsi en filigrane la question déterminante **des modalités de production mais aussi d'utilisation des données** qui viennent alimenter les outils, ce qui le situe au cœur du débat sur l'incertitude avec l**a nécessaire harmonisation des éléments de comparabilités** qui permettent de traiter automatiquement les données et notamment **d'être rigoureux dans la standardisation des termes employés et dans le choix des types de mesures**.

La seconde série de résultats vient alimenter deux développements thématiques associés à la notion d'usage, la question des vulnérabilités et celle de l'espace public. Ces résultats ont permis de questionner la notion d'usage à partir d'entrées spécifiques afin de problématiser des objets désormais placés au centre d'enjeux institutionnels nouveaux. Le premier résultat assez transversal a été d'instituer une **posture réflexive et critique à l'égard de la production de données,** quelle que soit la thématique associée à l'usage, mais aussi de poser un certain nombre de postulats méthodologiques afin de nourrir le débat sur les usages dans sa dimension polysémique au CSTB.

A partir d'entrées aussi diverses que celle des risques sanitaires, du vieillissement, des conditions de vie des ménages modestes et de la précarité énergétique, un questionnement spécifique sur la vulnérabilité de certaines populations a été initié par un groupe de chercheurs issus de toutes les directions du CSTB. L'objectif était de travailler à l'émergence d'une définition commune accessible peu importe le domaine et l'origine disciplinaire des chercheurs engagés et de proposer un travail de réflexion autour de la production d'outils permettant de catégoriser les vulnérabilités, la notion de typologie paraissant la plus intéressante à considérer.

Plusieurs approches de la vulnérabilité ont ainsi été abordées :

- **Acception dynamique de la vulnérabilité**, ne renvoyant plus à un seul état de fragilité d'un individu ou d'un groupe mais à un système dynamique dans lequel se conjuguent des forces et des contraintes ainsi qu'aux ressources qui permettent de faire face au risque, à une menace ou de se remettre d'un traumatisme ou d'une crise, faisant ainsi du lien vulnérabilité-résilience-état de santé un moyen de questionner les comportements : possibilité des individus ou des groupes à s'approprier une problématique sanitaire à travers une implication dans le processus allant de l'identification de ce qui fait menace jusqu'à une action sur l'environnement pour éliminer cette menace er recréer un état d'équilibre ;
- **Etude du lien entre vulnérabilité et insécurité sociale** : le contexte actuel de mise en œuvre de la transition énergétique crée une situation inédite d'intervention des pouvoirs publics auprès des ménages les plus pauvres. Ces derniers sont désormais la cible d'un discours qui, coïncidant avec la lutte contre la précarité énergétique, met en jeu leur disposition à bien habiter leur logement. En formulant une demande d'évolution en termes de mode d'habiter, l'action publique qui vise à résorber la précarité énergétique place les ménages les plus en difficulté dans une situation d'incitation au changement qui, parce qu'elle diffuse un discrédit sur certains savoir-faire habitant, est un vecteur majeur d'insécurité ;
- **Analyse de l'impact de certains déterminants liés aux caractéristiques des ménages** afin de comprendre quels éléments peuvent agir de manière préférentielle sur la consommation énergétique : certaines caractéristiques des ménages, plus que d'autres, sont des vecteurs de changement affectant la consommation d'énergie au domicile de manière à parfois créer des situations de vulnérabilité. Quatre classes ont été établies qui croisent « situation de résidence » et « consommation d'énergie ». *In fine*, cette approche permet de pointer quelles sont les caractéristiques qui viennent plus que d'autres qualifier la situation de consommation d'énergie au domicile : **statut d'occupation, CSP,** âge de la personne de référence, **revenu par unité de consommation ;**
- **Méthodologie de caractérisation des ménages vulnérables** *:* ce travail a eu pour objectif d'aboutir à des enseignements méthodologiques à partir de l'analyse de situations de ménages en précarité énergétique. Ses principales conclusions montrent que la qualité thermique liée au bâtiment et la capacité de la maintenir à un niveau convenable sont des facteurs bien plus prégnants dans le fait d'être en précarité énergétique que les usages des ménages eux-mêmes.

Enfin un travail mené sur la question de l'usage en perspective des principes de développement durable qui se déclinent à l'échelle du quartier et de la ville et dont les implications ont des effets directs sur la conception des espaces urbains a également été effectué. Il montre que si les partis pris environnementaux qui précédent l'aménagement (réseaux de transports, d'énergie, systèmes de récupération des eaux, optimisation de l'ensoleillement, développement de la nature et de la biodiversité, etc.) impactent fortement la forme urbaine, il postule également qu'ils transforment le rapport que les citadins entretiennent avec les espaces publics, leurs ambiances et les paysages urbains. L'hypothèse soutenue

consiste, dans le contexte de l'extension et de la métropolisation des villes, alors que les espaces publics eux-mêmes évoluent dans leurs dimensions physiques, leurs conceptions, leurs usages, leurs représentations, à poser la question de la modification de l'usage de et dans ces espaces, de leurs perceptions, de leurs appréciations par les résidents ou les usagers.

Les principaux résultats à l'issue de l'état de l'art fondé sur l'évaluation de 10 projets de rénovation urbaine et de 5 projets d'écoquartiers montrent que les espaces publics évalués sont identifiés comme « en perte d'urbanité », l'approche foncière et viaire de l'espace public ayant développé une notion d'ordre urbain prédominante en matière de conception. Ainsi les auteurs soulignent que l'émergence d'espaces urbains à vocation utilitaire, de même qu'une évolution des modes de conception des espaces publics, ne permettent plus de hiérarchiser les centralités, ne favorisent plus l'appropriation et traitent plus difficilement le rapport entre sphère privée et publique.

5. PERSPECTIVES

Malgré les efforts conséquents pour améliorer la qualité des environnements proches, le secteur du bâtiment et les espaces urbains participent encore de manière significative à l'insécurité sanitaire et à l'inconfort des citoyens.

Marqués par un manque de connaissance scientifique et une attente de la société particulièrement aigus, de nombreux enjeux technologiques ou sanitaires sont notamment au centre des débats de la société et méritent d'être davantage investigués pour éclairer les choix technologiques : nanomatériaux, perturbateurs endocriniens... Par ailleurs, les réponses apportées en termes de réduction de la consommation énergétique dans les bâtiments pour faire face aux enjeux climatiques et à la réduction des ressources énergétiques doivent s'accompagner d'une vigilance particulière sur la qualité sanitaire des lieux de vie qui accueillent l'ensemble de la population.

Le nouveau Plan national santé environnement 3, en cours d'élaboration, met en avant des enjeux prioritaires pour la société parmi lesquels l'amélioration des connaissances sur les expositions avec une approche intégrée (Exposome) et la réduction de ces expositions environnementales en se focalisant sur les déterminants environnementaux importants pour l'évolution de l'état de santé de la population. L'enjeu est également de viser la prévention individuelle et ciblée avec la proposition d'actions visant à mieux sensibiliser, informer et former en santé environnement en prenant en compte les vulnérabilités, notamment celles fonctions de l'âge ou de l'état de santé, et à s'assurer d'une meilleure prise en charge des pathologies potentiellement liées à l'environnement. Enfin la lutte contre les inégalités environnementales territoriales de santé est également visée avec l'identification et le traitement des points noirs et l'amélioration du recueil des données environnementales et de santé, leur centralisation, leur mise à disposition et leur traitement afin d'établir des liens, lorsque c'est possible, entre les expositions et leurs effets sur la santé.

Fort de ce contexte et des résultats obtenus au cours de la période 2010-2013, le programme poursuivra les recherches engagées sur le cycle 2014-2017 pour :

Faire progresser les connaissances sur les situations à risque sanitaire pour évaluer et gérer les risques sanitaires en élargissant la connaissance des **expositions dans les environnements intérieurs encore peu étudiés** : collecte et exploitation des campagnes de mesures lancées dans les logements performants en énergie, les écoles et les immeubles de bureaux, complétées par d'autres espaces de vie abritant des populations sensibles comme les hôpitaux ou les maisons de retraite. Des actions spécifiques seront également dédiées aux sources et à la dynamique de la pollution chimique : facteurs d'émissions et réactivité.

Un intérêt marqué sera porté aux **pollutions prioritaires** pour les pouvoirs publics **ou à fortes incertitudes** tels que l'amiante, les particules, les produits nano additivés, les perturbateurs endocriniens, les pesticides, la bio contamination telle la contamination virale, bactérienne et en moisissures ou les contaminations issues des sols. Les approches intégrées tenant compte des expositions multiples aux polluants seront privilégiées. L'évaluation des risques liés aux **agents physiques** comme les risques photobiologiques dus à la lumière bleue présente dans les LEDs sera poursuivie, de même que la caractérisation des expositions aux ondes électromagnétiques tenant compte des espaces extérieurs et intérieurs.

Le développement d'outils de prévision prenant en compte **la variabilité des sources mais également la variabilité des usages** ainsi que des développements de **métrologies pour la mesure** des agents chimiques et physiques qui permettent de **tenir compte de l'occupation** pour se rapprocher le plus possible de l'exposition seront proposés. Cette métrologie pourrait ensuite être déployée sur le terrain dans les futures campagnes pour fournir des données directement exploitables en termes d'exposition.

Proposer des actions de gestion et de prévention des risques inféodés à la fréquentation des environnements intérieurs : métrologie des polluants des environnements intérieurs, mise en place d'une surveillance de l'aérobiocontamination des espaces intérieurs du réseau ferroviaire, réduction de l'exposition des occupants aux particules par des dispositifs d'épuration innovants, mise en œuvre « d'Eco traitements biocides » pour des produits de construction et de décoration vulnérables aux micromycètes, évaluation et caractérisation de l'impact des sols pollués sur la qualité d'air intérieur, évaluation sanitaire des dispositifs innovants en termes de réduction des dépenses énergétiques : application de la géothermie aux BBC.

Améliorer le confort interne du bâtiment …

Concernant **l'acoustique du bâtiment**, l'aspect prévisionnel sera conforté : normalisation des méthodes de calcul d'ouvrages légers, incluant les basses fréquences et les bruits d'équipement avec la mise au point des bases de données correspondantes et adaptation des outils existants à la réhabilitation. La prévision de l'ambiance sonore dans les bureaux ouverts sera également abordée. Pour l'aspect vibrations environnementales, le logiciel de calcul

sol/structures Mefissto 3D devra être opérationnel, et l'outil simplifié sol/structures semi-empirique normalisé et commercialisé. Il en sera de même pour l'outil de prévision des performances des dispositifs d'atténuation vibratoires dans les bâtiments. D'autre part, une base de données « sources de chantiers » pour l'outil de prévision simplifié semi-empirique sera développée. Ce travail s'inscrit dans l'établissement d'une réglementation des vibrations en France.

Concernant les aspects liés au **confort visuel**, le travail sera mené pour caractériser les situations d'inconfort visuel prolongées ou répétitives du fait de la maîtrise des consommations électriques et pouvant conduire à une dégradation irréversible des performances visuelles. Le travail sera ciblé sur l'évaluation globale de l'éblouissement et du confort visuel qui intègre la multiplicité des "positions" de l'occupant et la détermination d'une position représentative dans un local prenant en compte l'orientation et les caractéristiques géométriques du local et des ouvertures.

… et le confort de l'environnement urbain

Concernant **le végétal**, il est important que les simulations soient validées à échelle réelle mais aussi que les paramètres d'entrée des simulations soient conformes à ceux donnés dans les diverses règles d'urbanisme. Un effort important doit être porté sur les aspects simulation et modélisation à différentes échelles (quartier, ville), ainsi que sur l'évolution des performances au cours du temps, en intégrant les changements climatiques et une modification des conditions extrêmes en milieu urbain.

Pour le domaine du **confort au vent** des espaces extérieurs (places, zones piétonnes, enceintes sportives…), un outil prévisionnel théorique simple d'utilisation sera développé à partir de la base de données experte du CSTB et permettra de fournir une estimation du confort pour les cadres bâtis existants ou pour aider la maîtrise d'ouvrage et les aménageurs à tester préalablement plusieurs scénarios d'aménagement urbain.

L'amélioration de la **qualité du paysage sonore urbain** est un des défis que doit relever la ville durable de demain. Il s'agira de travailler sur l'adéquation de la technologie existante de la maquette sonore avec les besoins et les attentes des opérationnels afin d'orienter pertinemment le développement d'outils adaptés finalisés.

Proposer des approches globales

Le programme 2014-2017 s'attachera à développer des méthodologies et outils permettant de répondre aux questions récurrentes des gestionnaires de parcs de bâtiments ou d'espaces urbains sur la **prise en compte simultanée des champs du confort** : acoustique, éclairage, thermique, olfactif.

Le projet européen Holisteec devrait permettre le développement d'outils de prévision multicritères des performances d'éléments de bâtiment et des performances d'ouvrage, ainsi que l'identification d'indicateurs de qualité des ambiances intérieures.

En acoustique urbaine, le projet Ademe Citedyne (avec l'Ifsttar et l'ENTPE) permettra de développer un outil complet et opérationnel, permettant de prendre en compte différents types d'aménagements urbains et d'en évaluer l'impact sur les qualités sonores et atmosphériques des lieux de vie.

Dans le cadre des approches multi-sensorielles, des investigations devront être menées, avec de futurs partenaires scientifiques (Irccyn, Lirgec), sur les aspects acoustiques et vibratoires pour définir les limites des référentiels existants vis-à-vis des attentes des usagers d'aujourd'hui. Parallèlement, la poursuite du développement de nos actions de recherche sur l'analyse sensorielle du goût et de l'odeur de l'eau est prévu.

Prendre en compte l'usage avec une dimension multi scalaire

Le travail d'analyse, une fois complété, portera sur la définition de l'usage **dans sa dimension générale** mais aussi lorsqu'il est question de faire **le lien entre usage et vulnérabilité** et **lorsque sont associées les notions d'usage et de performance**. L'objectif est ainsi d'avoir un cadre théorique précis sur les situations qui caractérisent le plus (entre autre depuis l'irruption de la question climatique comme enjeu de société) l'émergence d'un usage prescriptif des espaces bâtis. Ces situations sont au nombre de deux et renvoient à **la volonté de diffuser le modèle des bâtiments performants comme modèle d'habiter** et **la prise en compte nouvelle de la question de la vulnérabilité** dont l'assertion est désormais reconnue comme **polysémique.**

La question des usages sera élargie à l'espace urbain pour prendre une dimension multi-scalaire. En effet, lorsqu'il s'agit de travailler sur la question des usages, peu importent les caractéristiques de l'espace urbain observé (sa conception et son aménagement), le type d'habitat considéré (sa fonction - résidentielle, tertiaire, ERP - et l'état de celui-ci - neuf, réhabilité, dégradé), dans la mesure où les individus mobilisent des compétences, des savoir-faire et des qualités d'adaptation qui vont jusqu'à la transformation de l'espace public, des logements et des bâtiments dans lesquels ils vivent ou travaillent.

Au-delà de la programmation actuelle, il est aussi important de penser que la question de l'échelle pertinente d'interrogation de l'articulation entre « usages » et « ville durable » se trouve aussi dans la nécessité **d'y inclure une échelle méso,** celle de l'examen des modes d'organisation, des dispositifs, des normes et des structures mis en place pour la fabrique d'une ville chargée d'assurer à chacune de ses échelles architecturales un développement soutenable. Elle a pour cadre principal l'évolution des modes de conception de la ville et des métiers qui la fabriquent.

LISTE DES RÉFÉRENCES

ENVIRONNEMENT ET AMBIANCES

Articles scientifiques publiés dans des revues à comité de lecture

1. MARRY S., DELABARRE M.
   Naturalité urbaine : l'impact du végétal sur la perception sonore dans les espaces publics
   VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement, 11/1, mai 2011, 27 p.
2. VILLOT M., ROPARS P., JEAN P., BONGINI E., POISSON F.
   Modeling the influence of structural modifications on the response of a building to railway vibration
   Noise control engineering journal, 59/6, December 2011, p. 641-651 [doi:10.3397/1.3633330]
3. JACQUS G., BERGER S., GIBIAT V., JEAN P., VILLOT M., CIUKAJ S.
   A homogenised vibratory model for predicting the acoustic properties of hollow brick walls
   Journal of Sound and Vibration, 330/14, July 2011, p. 3400-3409 [doi:10.1016/j.jsv.2011.02.015]
4. SITEL A., GUIGOU-CARTER C., JEAN P.
   Numerical method for predicting the sound reduction index of a double panel including an active control system and porous material
   Acta Acustica united with Acustica, 97/4, July-August 2011, p. 569-578 [doi:10.3813/AAA.918437]
5. SITEL A., GALLAND M.A.
   Scattering-matrix formulation for both measurement and prediction of acoustical performances of hybrid cells and their active and passive elements
   Acta acustica united with acustica, 97/4, July-August 2011, p. 579-589 [doi:10.3813/AAA.918438]
6. SCHMICH I., BROUSSE N.
   In situ measurement methods for characterising sound diffusion
   Building acoustics, 18/1-2, March 2011, p. 17-36 [doi:10.1260/1351-010X.18.1-2.17]
7. SALOMONS E., VAN MAERCKE D., DEFRANCE J., DE ROO F.
   The Harmonoise sound propagation model
   Acta acustica united with acustica, 97/1, January-February 2011, p. 62-74 [doi:10.3813/AAA.918387]
8. DEVALIERE I.
   La précarité énergétique, retour sur la genèse d'une préoccupation
   Métropolitiques.eu, juin 2011, 3 p.
9. DEVALIERE I., BRIANT P., ARNAULT S.
   La précarité énergétique : avoir froid ou dépenser trop pour se

chauffer
Insee Première, 1351, mai 2011, 4 p.

10. JOLIBOIS A., DUHAMEL D., SPARROW V.W., DEFRANCE J., JEAN P.
Scattering by a cylinder covered with an arbitrary distribution of impedance and application to the optimization of a tramway noise abatement system
Journal of Sound and Vibration, 331/25, December 2012, p. 5597–5622 [doi:10.1016/j.jsv.2012.07.002]

11. JACQUS G., JEAN P., BERGER S., GIBIAT V., VILLOT M., CIUKAJ S.
Experimental and numerical identification of lamb waves in hollow brick walls
Acta acustica united with acustica, 98/6, November-December 2012, p. 928-935 [doi:10.3813/AAA.918576]

12. DAVY J.L., MAHN J.P., GUIGOU-CARTER C., VILLOT M.
The prediction of flanking sound transmission below the critical frequency
Journal of the Acoustical Society of America, 132/4, October 2012, p. 2359-2370 [doi:10.1121/1.4746945]

13. PUJOL S., BERTHILLIER M., DEFRANCE J., LARDIES J., PETIT R., HOUOT H., LEVAIN J.P., MASSELOT C., MAUNY F.
Urban ambient outdoor and indoor noise exposure at home: a population-based study on schoolchildren
Applied Acoustics, 73/8, August 2012, p. 741-750 [doi:10.1016/j.apacoust.2012.02.007]

14. DAVY J.L., GUIGOU-CARTER C., VILLOT M.
An empirical model for the equivalent translational compliance of steel studs
Journal of the Acoustical Society of America, 131/6, June 2012, p. 4615-4624 [doi:10.1121/1.4714354]

15. MARRY S., ARANTES L.
Variations des représentations et perceptions d'espaces publics sonores ordinaires selon les formes urbaines
Cybergeo, revue européenne de géographie, janvier 2012, 24 p. [doi:10.4000/cybergeo.25044]

16. KOUSSA F., DEFRANCE J., JEAN P., BLANC-BENON P.
Diminution du bruit des transports terrestres par des cristaux soniques de faible hauteur
Acoustique et techniques, 69, Congrès Acoustics 2012, partie 2, 2012, p. 4-9

17. VINCENT B., DEFRANCE J., MANDON A.
Conception d'un mini-écran antibruit végétalisé dans le cadre du projet européen HOSANNA
Echo bruit, 136, septembre 2012, p. 55-57

18. MARRY S., DEFRANCE J.
Analysis of the perception and representation of sonic public spaces through on site survey, acoustic indicators and in-depth interviews

Applied Acoustics, In press, available online February 2012, 2012, 11 p. [doi:10.1016/j.apacoust.2012.01.005]

19. MARRY S./DEFRANCE J.
Analysis of the perception and representation of sonic public spaces through on site survey, acoustic indicators and in-depth interviews
Applied Acoustics, 74/2, February 2013, p. 282-292 [doi:10.1016/j.apacoust.2012.01.005]

20. KOUSSA F./DEFRANCE J./JEAN P./BLANC-BENON P.
Acoustic performance of gabions noise barriers: numerical and experimental approaches
Applied Acoustics, 74/1, 2013, p. 189-197 [doi:10.1016/j.apacoust.2012.07.009]

21. KOUSSA F./DEFRANCE J./JEAN P./BLANC-BENON P.
Acoustical efficiency of a sonic crystal assisted noise barrier
Acta acustica united with acustica, 99/3, May-June 2013, p. 399-409 [doi:10.3813/AAA.918621]

22. DEVALIERE I.
Du règlement des impayés d'énergie aux services locaux d'intervention pour la maîtrise d'énergie, (r)évolutions des modes de traitement de la précarité énergétique
Urbia, les cahiers du développement urbain durable, 15, février 2013, p. 61-71

23. KIHAL W, PADILLA C, LALLOUE B, ROUGIER C, DEFRANCE J, ZMIROU-NAVIER D, DEGUEN S
An exploratory spatial analysis to assess the relationship between deprivation, noise and infant mortality: an ecological study
Environmental Health 12:109 (2013)

24. SIMONOTL./BOULENGUEZP.
Generalization of the geometric description of a light beam in radiometry and photometry
Journal of the Optical Society of America A (JOSA A), 30-avr, April 2013, p. 589-595

Communications

1. DEMANET C., DE ROZAS M.J., CHENE J.B., FORET R.
European round robin test for sound insulation: measurements of lightweight partition
Internoise 2011, 40th International congress and exposition on Noise control engineering, September 4-7, 2011, Osaka, JPN

2. RÅDSTEN-EKMAN M, VINCENT B, ANSELME C, MANDON A, ROHR R, DEFRANCE J, VAN MAERCKE D, BOTTELDOOREN D, NILSSON ME
Case-study evaluation of a low and vegetated noise barrier in an urban public space
Internoise 2011, 40th International congress and exposition on Noise control engineering, September 4-7, 2011, Osaka, JPN

3. CLAIRBOIS J-P, DE ROO F, GARAI M, CONTER M, DEFRANCE J, OLTEAN-DUMBRAVA C, FUSCO I
QUIESST: mid-term progress report
Internoise 2011, 40th International congress and exposition on Noise control engineering, September 4-7, 2011, Osaka, JPN

4. ROPARS P., BONNET G., JEAN P.
Uncertainties on the foundation mobilities and their impact on the power injected into a building
Eurodyn 2011, 8th International Conference on Structural Dynamics, July 4-6, 2011, Leuven, BEL, 7 p.

5. VILLOT M., ROPARS P., JEAN P.
Modeling a building response to railway vibration using a source-receiver approach
Eurodyn 2011, 8th International Conference on Structural Dynamics, July 4-6, 2011, Leuven, BEL, 5 p.

6. TAILLEFER N., VILLOT M., JEAN P., NGUYEN H.H.
Vibration due to construction: a case study
Eurodyn 2011, 8th International Conference on Structural Dynamics, July 4-6, 2011, Leuven, BEL, 6 p.

7. FORET R., CHENE J.B., GUIGOU-CARTER C.
A comparison of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings measured using ISO 140-8 and ISO/CD 16251-1
Forum Acusticum 2011, June 16 – July 1, 2011, Aalborg, DNK, 6 p.

8. GUIGOU-CARTER C., VILLOT M., ELIAS P.
Acoustic performance of a standard French building with respect to different European countries regulations
Forum Acusticum 2011, June 16 -bJuly 1, 2011, Aalborg, DNK, 6 p.

9. GUIGOU-CARTER C., OLIVE F., PERRAUDEAU M., SICURELLA F., WETTA R.
Development of an innovative window for retrofitted building
Forum Acusticum 2011, June 16 – July 1, 2011, Aalborg, DNK, 6 p.

10. KOUSSA F., DEFRANCE J., JEAN P., BLANC-BENON P.
Efficiency of gabion noise barriers: theoretical approach and scale model measurements
Forum Acusticum 2011, June 16 - July 1, 2011, Aalborg, DNK, 6 p.

11. LUTGENDORF D., DE ROO F., VAN DER EERDEN F., JEAN P., ECOTIERE D., DUTILLEUX G.
Numerical simulation of the sound reflection effects of noise barriers in near and far field
Forum Acusticum 2011, June 16 – July 1, 2011, Aalborg, DNK, 6 p.

12. JEAN P.
The modeling of sound propagation in thickets by means of a periodic BEM approach
Forum Acusticum 2011, June 16 – July 1, 2011, Aalborg, DNK, 6 p.

13. MARRY S.
Des cartes mentales aux cartes mentales sonores : vers une

cartographie sensible de l'environnement sonore urbain
Proceedings of the 25th International cartographic conference, July 3-8, 2011, Paris, FRA, 19 p. [ISBN 978-1-907075-05-6]

14. MARRY S.
Modèle expérimental d'évaluation d'espaces publics par les citadins à travers la perception spatiale et sonore
RIDAD - Rencontres interdisciplinaires doctorales sur l'aménagement durable, 23-mars-11, Vaulx-en-Velin, FRA, 12 p.

15. MARRY S.
Les terminologies employées par les citadins lors de l'évaluation de places publiques urbaines
L'Aventure des mots de la ville à travers le temps, les langues, les sociétés, Colloque des doctorants de l'ED 454 Sciences de l'Homme, du Politique et du Territoire de l'UMPF, 20 janvier 2011, Grenoble, FRA, 15 p.

16. FAURE X., DE OLIVEIRA F., AGUINAGA S., COURTINE S., DELPECH P.
Pedestrian wind comfort: application of four different measurement techniques
ICWE13, 13th International conference on wind engineering, July 10-15, 2011, Amsterdam, NLD, 8 p.

17. DEFRANCE J, SALOMONS E, VAN MAERCKE D, DE ROO F.
Principles of the Harmonoise outdoor sound propagation model
14th Long Range Sound propagation Symposium, 17-18 March 2011, Annapolis, USA

18. LEISSING T, SOIZE C, JEAN P, DEFRANCE J
Stochastic wave propagation of high-amplitude waves over urban environments
14th Long Range Sound propagation Symposium, 17-18 March 2011, Annapolis, USA

19. BIGOURET A, DE OLIVEIRA F, GEHIN C.
Characterization of thermal sensation clusters with physiological indicators in various ambient temperatures during rest
Proc. XIV International Conference on Environmental Ergonomics ICEE, 2011, Nafplio Greece

20. SABRE M., BULTEAU G.
Végétaliser les toitures et terrasses
Pour la Science, Mai 2011, n°403

21. MESTAYER et al.
FluxSAP 2010 experimental campaign over an heterogeneous urban zone, part 1 – heat and vapor flux assessment
HARMO 14th, International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 2-6 October 2011, Kos Island, Greece

22. EFRANCE J., LEISSING T., GRANNEC F., JEAN P., LUTGENDORF D., HEINKELE C., CLAIRBOIS J.P.
Holistic optimization of noise barriers from acoustical and non-acoustical parameters

Internoise 2012, 41st International congress and exposition on Noise control engineering, August 19-22, 2012, New York, USA, 12 p.

23. JOLIBOIS A., DUHAMEL D., SPARROW V.W., DEFRANCE J., JEAN P.
Application of admittance optimization to the design of a low-height tramway noise barrier
Internoise 2012, 41st International congress and exposition on Noise control engineering, August 19-22, 2012, New York, USA, 12 p.

24. CLAIRBOIS J.P., DE ROO F., GARAI M., CONTER M., DEFRANCE J., OLTEAN-DUMBRAVA C., FUSCO I.
QUIESST: third-term progress report
Internoise 2012, 41st International congress and exposition on Noise control engineering, August 19-22, 2012, New York, USA, 10 p.

25. JOLIBOIS A., DUHAMEL D., SPARROW V.W., DEFRANCE J., JEAN P.
Scattering of a cylinder covered with an arbitrary distribution of admittance and application to the design of a tramway noise abatement system
Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, p. 4055-4060

26. LEISSING T., GRANNEC F., DEFRANCE J., JEAN P., LUTGENDORF D., HEINKELE C., CLAIRBOIS J.P.
Holistic optimisation of noise reducing devices
Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

27. KOUSSA F., DEFRANCE J., JEAN P., BLANC-BENON P.
Transport noise reduction by low height sonic crystal noise barriers
Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 5 p.

28. DEFRANCE J., LALLEMENT S., JEAN P., KOUSSA F.
Acoustical performance of complex-shaped earth berms
Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

29. LEISSING T., DEFRANCE J., JEAN P., GUIGOU-CARTER C., CLAIRBOIS J.P.
Optimization of noise reducing device intrinsic performances
Acoustics 2012 Hong Kong, May 13-18, 2012, Hong Kong, CHN, Journal of the Acoustical Society of America, 131/4, 2012, p. 3264-3264
[doi:10.1121/1.4708197]

30. KOUSSA F., DEFRANCE J., JEAN P., BLANC-BENON P.
Diminution du bruit des transports terrestres par des cristaux soniques de faible hauteur
Acoustique et Technique 69, 4-9 (2012)

31. VINCENT B., DEFRANCE J., MANDON A
Conception d'un mini-écran antibruit végétalisé dans le cadre du projet européen HOSANNA
Echo Bruit 136, 55-57 (2012)

32. VAN RENTERGHEM T., BOTTELDOOREN D., HORNIKX M., JEAN P., DEFRANCE J., SMYRNOVA Y., KANG J.
Road traffic noise reduction by vegetated low noise barriers in urban streets

Euronoise 2012, June 10-13, 2012, Prague, CZE, p. 944-948 [ISBN 978-80-01-05013-2]

33. KOUSSA F., DEFRANCE J., JEAN P., BLANC-BENON P.
Optimization of low height sonic crystal noise barriers for tramway noise reduction
Euronoise 2012, June 10-13, 2012, Prague, CZE, 6 p. [ISBN 978-80-01-05013-2]

34. ROUCH J., SCHMICH I., GALLAND M.A.
Predicting room-acoustic criteria changes due to the use of an electroacoustic enhancement system
Euronoise 2012, June 10-13, 2012, Prague, CZE, 6 p. [ISBN 978-80-01-05013-2]

35. GUIGOU-CARTER C., VILLOT M.
Prediction and measurements for lightweight buildings and low frequencies
Euronoise 2012, June 10-13, 2012, Prague, CZE, 6 p. [ISBN 978-80-01-05013-2]

36. GUIGOU-CARTER C., BAILHACHE S., FORET R., IGELEKE A.
Characterization of metallic studs used in gypsum board single frame walls

37. Euronoise 2012, June 10-13, 2012, Prague, CZE, 6 p. [ISBN 978-80-01-05013-2]

38. SCHMICH I., ROUGIER C., BUTCHER H., DEVALLEZ D.
Acoustic enhancement in the Aylesbury theatre with the CARMEN® electroacoustic system
Acoustics 2012 Hong Kong, May 13-18, 2012, Hong Kong, CHN, Journal of the Acoustical Society of America, 131/4, 2012, 6 p. [doi:10.1121/1.4708105]

39. GUIGOU-CARTER C., WETTA R., FORET R., CHENE J.B.
Elements for an acoustic classification of dwellings and apartment buildings in France
Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

40. GUIGOU-CARTER C., FORET R., IGELEKE A., BAILHACHE S.
Characterization of metallic studs used in gypsum board single frame walls
Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

41. SCHMICH I., ROUGIER C., JEAN P., CHEVRET P.
Efficiency of an acoustic table screen between two work stations in open plan offices
Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

42. CHENE J.B., KERDUDOU P.
Impact of floor drain on floating floor acoustic performance
Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

43. ROUCH J., SCHMICH I., GALLAND M.A.
Modelling of reverberation enhancement systems
Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

44. BAILHACHE S., VILLOT M.
Prediction of structure-borne noise generated by a water evacuation duct in heavyweight and lightweight frame constructions
Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

45. BAILHACHE S., VILLOT M.
Comparison of structure-borne sound power injected to heavyweight and lightweight constructions
ICSV19, 19th International congress on Sound and vibration, July 8-12, 2012, Vilnius, LTU, 8 p.

46. VILLOT M., BAILHACHE S.
Publications 2013 **Prediction of structure borne noise in heavyweight and lightweight constructions**
ICSV19, 19th International congress on Sound and vibration, July 8-12, 2012, Vilnius, LTU, 8 p.

47. NOE N., ROUGIER C., ROUCH J., SCHMICH I.
An hybrid beam and particle tracing with time dependant radiosity for accurate impulse response of rooms prediction
Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, p. 1411-1416

48. SCHMICH I., ROUGIER C., JEAN P., CHEVRET P.
Efficiency of an acoustic table screen between two work stations in open plan offices
DAGA 2012, 38th German annual conference on acoustics, March 12-22, 2012, Darmstadt, DEU, 2 p.

49. BESBES K., ZOUGHAIB A., BOUCHIE R., FARKH S.
Green roofs impact on building cooling load
IHPBC –International High Performance Building Conference, 16th-19th July, 2012, Purdue, USA.

50. YILMAZ D., SABRE M., TETARD Y.
Actual evapotranspiration measurement from experimental green roofs
Proceedings of the ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates, 6th-10th August, 2012, UCD, Dublin Ireland.

51. JEAN P./DEFRANCE J./KOUSSA F.
The efficiency of berms against traffic noise: Hosanna project
Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 9 p.

52. DEFRANCE J./JEAN P.
Acoustical performance of innovative vegetated barriers
Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

53. JOLIBOIS A./DUHAMEL D./SPARROW V.W./DEFRANCE J./JEAN P.
Sensitivity-based shape optimization of a rigid tramway low-height noise barrier
Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

54. DI MARTINO M./DUTILLEUX G./VAN MAERCKE D./DEFRANCE J.
Reference software libraries for NMPB 2008
Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 6 p.

55. GUIGOU-CARTER C./COGUENANFF C./BAILHACHE S./VILLOT M.
Modeling lightweight junctions
Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

56. COGUENANFF C./DESCELIERS C./GUIGOU-CARTER C./JEAN P.
Acoustic performance optimization under parameter and model uncertainties of a wood based floor
Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 9 p.

57. VUYLSTEKE X./LEISSING T./JEAN P./SEMBLAT J.F.
Fast multipole boundary element method applied to acoustic propagation in urban area
Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

58. BAILHACHE S./VILLOT M.
Experimental validation of approximated expressions for structure-borne sound power
Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

59. BAILHACHE S./GUIGOU-CARTER C./ROUGIER C./SCHMICH I.
Elements for an acoustic classification of buildings in France
Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

60. GUIGOU-CARTER C./BAILHACHE S./VILLENAVE M./MAILLET A.
Acoustic performance indices and low frequencies: a French study
Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 7 p.

61. BLINET T./JACQUS G./GUIGOU-CARTER C./JEAN P./CHENE J.B.
Sound absorption optimization of thin ceiling panels at low frequencies
Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 9 p.

62. KLAEBOE R./VEISTEN K./MOSSLEMI M./VAN RENTERGHEM T./VAN MAERCKE D./LEISSING T
Cost-benefit analyses of tree belts for noise reduction including aesthetic and amenity values
Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

63. KLAEBOE R./VEISTEN K./VAN RENTERGHEM T./VAN MAERCKE D./LEISSING T./BENKREIRA H.
Cost-benefit analysis of tree belt configurations

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

64. VINCENT B, DEFRANCE J, ROHR R
Le mur antibruit se fait tout petit",
Environnement Magazine, 1722, p.76, Novembre 2013

65. HAESE G., HUMEAU Ph., DE OLIVEIRA F., LE CALLET P., LE CLOIREC P
Objective quality, intensity and hedonic dimensions prediction using sensory analysis and physiological measurements
10th Pangborn Sensory Science Symposium Rio de Janeiro, Brazil, 11-15 August 2013

66. HAESE G., HUMEAU Ph., DE OLIVEIRA F., LE CALLET P., LE CLOIREC P
Objectivation of sensory measurements of off-flavours in water using central and autonomic nervous systems responses
10th International Water Association (IWA) Symposium on Off-Flavours in the Aquatic Environment, Tainan, Taiwan, October 27th – November 1st, 2013

67. ROPARS P./DESCELIERS C./BONNET G./JEAN P.
Modélisation des incertitudes sur les vibrations d'origine ferroviaire transmises aux bâtiments
CFM 2013, 21e Congrès français de mécanique, 26-30 août 2013, Bordeaux, FRA, 6 p.

68. SCHMICH I./MALGRANGE M./ROUGIER C.
How absorptive can a diffuser be to accurately measure random incidence scattering coefficients?
ICA 2013, 21st International congress on acoustics, June 2-7, 2013, Montréal, CAN
Proceedings of Meetings on Acoustics (POMA), 19,2013, 8 p.
[doi:10.1121/1.4798985]

69. SCHMICH I./EMBRECHTS P./MULLER-TRAPET M./ROUGIER C./MALGRANGE M./VORLANDER M.
Prediction and measurement of the random-incidence scattering coefficient of periodic reflective rectangular diffuser profiles
ICA 2013, 21st International congress on acoustics, June 2-7, 2013, Montréal, CAN
Proceedings of Meetings on Acoustics (POMA), 19, 2013, 9 p.
[doi:10.1121/1.4799141]

70. ROUCH J./GALLAND M.A./SCHMICH I.
Under-balcony acoustics improvement with simple electro-acoustic means: a theoretical development and numerical simulations
ISRA 2013, International symposium on Room acoustics, June 9-11, 2013, Toronto, CAN, 15 p.

71. BOULENGUEZ P./CARRE S./PERRAUDEAU M./MARTINSONS C.
Blue-light hazard of LEDs: comparison of the photobiological risk groups of fifteen lamps assessed using the uniform spectrum assumption and a new hyperspectral imaging method
Proceedings of CIE Centenary Conference, Towards a new century of light, April 12-19, 2013, Paris, FRA, 2013, p. 111-118

72. MARTINSONS C./ZONG Y./MILLER C./OHNO Y./OLIVE F./PICARD N.
Influence of current and voltage harmonic distortion on the power measurement of led lamps and luminaires
Proceedings of CIE Centenary Conference, Towards a new century of light, April 12-19, 2013, Paris, FRA,2013, p. 290-299

73. SABRE M./BOUCHIE R./ZOUGHAIB A.
Vegetative (green) roofs in urban areas for the improvement of the outdoor and indoor comfort
WBC13, CIB World building congress, Construction and society, May 5-9, 2013, Brisbane, AUS, 13 p.

EXPOSITION DES POPULATIONS AUX POLLUTIONS ET AUX NUISANCES

Articles scientifiques publiés dans des revues à comité de lecture

1. BEHAR-COHEN F., MARTINSONS C., VIENOT F., ZISSIS G., BARLIER-SALSI A., CESARINI J.P., ENOUF O., GARCIA M., PICAUD S., ATTIA D. (2011), *Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: any risks for the eye?* **Progress in retinal and eye research**, 30(4), 239-257.
2. BESSONNEAU Vincent, DERBEZ Mickaël, CLÉMENT Michel, THOMAS Olivier (2011), *Determinants of chlorination by-products in indoor swimming pools*, **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, 215(1), 76-85.
3. BILLIONNET C., GAY E., KIRCHNER S., LEYNAERT B., ANNESI-MAESANO I. (2011), *Quantitative assessments of indoor air pollution and respiratory health in a population-based sample of French dwellings*, **Environmental Research**, 111(3), 425-434.
4. LUCAS J.P. (2011), *Historique de la réglementation relative à l'emploi de la céruse et des dérivés du plomb dans la peinture en France*, **Environnement, Risques & Santé**, 10(4), 316-322.
5. MANDIN C. (2011), *Qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public* [Editorial], **Air pur**, 80, 5-6.
6. MANDIN C. (2011), *Qualité de l'air intérieur dans les gymnases ; état des connaissances*, **Air pur**, 80, 15-21.
7. MANDIN C., MAUPETIT F. (2011), *Qualité de l'air intérieur dans les bâtiments neufs: données disponibles et spécificités*, **Pollution atmosphérique**, 209, 47-56.
8. MICHELOT N., MANDIN C., RAMALHO O., RIBERON J., MARCHAND C., MALHERBE L., RAMEL M., PERSONNAZ M.B., DELMAS V., URBAN S., CARREGA M. (2011), *Campagne pilote de surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et crèches en France. Résultats de la première phase*, **Pollution Atmosphérique**, 211, 267-279.
9. NAJA G.M., ALARY R., BAJEAT P., BELLENFANT G., GODON J.J., JAEG J.P., KECK G., LATTES A., LEROUX C., MODELON H., MOLETTA-DENAT M., RAMALHO O., ROUSSELLE C., WENISCH S. & ZDANEVITCH I. (2011),

Assessment of biogas potential hazards, **Renewable Energy**, 36(12), 3445-3451.

10. OULHOTE Y., LE BOT B., POUPON J., LUCAS J.P., MANDIN C., ETCHEVERS A., ZMIROU-NAVIER D., GLORENNEC P. (2011), *Identification of sources of lead exposure in French children by lead isotope analysis: a cross-sectional study*, **Environmental Health**, 10(75), 11 p., [doi:10.1186/1476-069X-10-75].
11. RIBERON J. (2011), *Ventilation et qualité de l'air des bâtiments*, **Revue technique du bâtiment et des constructions industrielles**, 266, 3-13.
12. RIBERON J., DERBEZ M. (2011), *Ventilation dans les logements, les écoles et les crèches*, **Pollution atmosphérique**, 212, 365-372.
13. RODA, C., KOUSIGNIAN, I., GUIHENNEUC-JOUYAUX, C., DASSONVILLE, C., NICOLIS, I., JUST, J., MOMAS, I. (2011), *Formaldehyde exposure and lower respiratory infections in infants: Findings from the Paris cohort study*, **Environmental Health Perspectives**, 119(11), 1653-1658.
14. ROUSSELLE C., KEIRSBULCK M., DECLERCQ C., FLESCH F., LEFRANC A., RAMALHO O., RETHO C. (2011), *Investigation of Dimethylfumarate Contamination in 14 French Dwellings*, **Clinical Toxicology**, 49(3), 255.
15. ROUSSELLE C., MANDIN C., AZUMA K. (2011), *Valeurs guides de qualité d'air intérieur : analyse comparative des approches française et japonaise*, **Environnement, Risques & Santé**, 10(1), 25-34.
16. DERBEZ M., BERTHINEAU B., COCHET V., LETHROSNE M., PIGNON C., RIBERON J., KIRCHNER S. (2012), *Méthodologie d'évaluation de la qualité d'air intérieur, du confort et des consommations énergétiques des logements performants en énergie*, **Environnement, Risques & Santé**, 11(1), 40-51
17. GAUDAIRE F., NOE N., BENOIT DUFOUR J., DE SEZE R., CAGNON P., SELMAOUI B., THUROCZY G., MAZET P., MAUGER S. (2012), *Méthode d'analyse de l'exposition des populations et de la couverture radio des réseaux de téléphonie mobile GSM et UMTS : L'influence des rayonnements électromagnétiques sur la santé*, **REE, Revue de l'électricité et de l'électronique A**, 5, 36-43.
18. GLORENNEC P., LUCAS J.P., MANDIN C., LE BOT B. (2012), *French children's exposure to metals via ingestion of indoor dust, outdoor playground dust and soil: contamination data*, **Environment International**, 45, 129-134
19. LUCAS J.P., LE BOT B., GLORENNEC P., ETCHEVERS A., BRETIN P., DOUAY F., SEBILLE V., BELLANGER L., MANDIN C. (2012), *Lead contamination in French children's homes and environment*, **Environmental Research**, 116, 58-65.
20. MANDIN C., DERBEZ M., KIRCHNER S. (2012), *Écoles, bureaux, espaces de loisirs : des lieux de vie variés, des pollutions intérieures contrastées. Revue générale des connaissances disponibles sur la qualité de l'air dans ces espaces*, **Annales pharmaceutiques françaises**, 70(4), 204-212.
21. MANDIN C., DERBEZ M., RIBERON J., RAMALHO O., DASSONVILLE C., KIRCHNER S. (2012), *Améliorer la qualité de l'air dans les écoles*, **La revue de santé scolaire et universitaire**, 16, 12-14.

22. MANDIN C., DOR F., BOULANGER G., CABANES P.A., SOLAL C. (2012), *Health risk assessment of formaldehyde in France*, **Environnement, Risques & Santé**, 11(1), 27-39.
23. MANDIN C., KIRCHNER S. (2012), *Epuration de l'air intérieur par photocatalyse: opportunité ou menace ?*, **Environnement & technique**, 318, 52-53.
24. PAILLARD J.-C., ROUDIER C., LUCAS J.P., GAMBARD J.-P., LEFRANC A., VACQUIER B. (2012), *Les niveaux de radon et leurs déterminants dans les logements français*, **Revue d'épidémiologie et de santé publique**, 60, Supplement 2, S74.
25. RAMALHO O., LUCAS J.P., MANDIN C., DERBEZ M., KIRCHNER S. (2012), *Niveaux de particules dans les environnements intérieurs en France*, **Pollution atmosphérique**, n° spécial "pollution par les particules", novembre 2012, 37-42.
26. RONGA-PEZERET S., PAYRE C., MANDIN C., BONVALLOT N., FIORI M., LAMBROZO J., GLORENNEC P. (2012), *Environmental chemical background in health risk assessments: How to deal with?*, **Toxicology Letters**, 211(17), S122.
27. ANCELET S, BAYSSON H, DEREUMEAUX C, FERVERS B, GUYOT G, HANOUNE B, LAURENT O, LAURIER D, LIKHVAR V, MEDINA S, PASCAL M, RIGOU A, MANDIN C (2013), Conférence Environnement Santé, **Environnement, Risques & Santé**, 12(6), 539-545.
28. BENTAYEB Malek, BILLIONNET Cécile, BAIZ Nour, DERBEZ Mickaël, KIRCHNER Séverine, ANNESI-MAESANO Isabella (2013), *Higher prevalence of breathlessness in elderly exposed to indoor aldehydes and VOCs in a representative sample of French dwellings*, **Respiratory Medicine**, 107(10), 1598-1607.
29. BLANCHARD O., MERCIER F., RAMALHO O., MANDIN C., LE BOT B. & GLORENNEC P. (2013), *Measurements of semi-volatile organic compounds in settled dust: Influence of storage temperature and duration*, **Indoor Air**, in press, [DOI: 10.1111/ina.12066].
30. DASSONVILLE C., MANDIN C., RIBERON J., WYART G., RAMALHO O., KIRCHNER S. (2013), *Indicateur lumineux du confinement de l'air intérieur : suivi expérimental dans 70 salles de classe*, **Pollution Atmosphérique**, 218, [en ligne], http://172.16.128.67:50010/pollution-atmospherique/index.php?id=2098.
31. FONTAINE J.R., DURIER F., MANDIN C., PREVOST C. (2013), *Ventilation 2012, Xe conférence internationale sur la ventilation industrielle (17-19 septembre 2012, Paris)*, **Hygiène et sécurité du travail – Cahiers de notes documentaires**, 230, 53-61.
32. GREGOIRE A., MANDIN C., RAMALHO O., KIRCHNER S. (2013), *Activités domestiques et produits d'usage courant utilisés par les ménages en France*, **Environnement Risques & Santé**, 12(2), 129-138.
33. HULIN M., MOULARAT S., KIRCHNER S., ROBINE E., MANDIN C., ANNESI-MAESANO I. (2013), *Positive associations between respiratory outcomes and*

fungal index in rural inhabitants of a representative sample of French dwellings, **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, 216(2), 155-162.

34. MARTINSONS C. (2013), *Les diodes électroluminescentes et le risque rétinien dû à la lumière bleue,* **Photoniques**, 63, 44-49.
35. MARTINSONS C. (2013), *Light Emitting Diodes (LEDs) and the Blue Light Risk,* **Points de Vue**, **International Review of Ophthalmic Optics,** Essilor, n°68, Spring 2013, 23-26.
36. MICHELOT N., MARCHAND C., RAMALHO O., DELMAS V., CARREGA M. (2013), *Monitoring indoor air quality in French schools and day-care centres*, **HVAC&R Research**, 19(8), 1083-1089.
37. NIANG KEITA N., OUATTARA M. (2013), *Hierarchical mixed topological maps*, **Revue des Nouvelles Technologies de l'Information** (Special issue: HSDA 2013, Advances in Theory and Applications of High Dimensional and Symbolic Data Analysis), vol. RNTI-E-25, pp. 123-138.
38. OUATTARA M, NIANG KEITA N, GASRI R, BADRAN F, MANDIN C (2014), *Une approche basée sur STATIS pour la fusion de cartes topologiques auto-organisées*, **Revue des Nouvelles Technologies de l'Information** (Special issue: 14èmes Journées Francophones "Extraction et Gestion des Connaissances" EGC 2014, Janvier 2014, Rennes, France), vol. RNTI-E-26, pp.353-358.
39. OULHOTE Y., LE TERTRE A., ETCHEVERS A., LE BOT B., LUCAS J.P., MANDIN C., LE STRAT Y., LANPHEAR B., GLORENNEC P., *Implications of different residential lead standards on children's blood lead levels in France: predictions based on a national cross-sectional survey*, **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, 216(6), 743-750.
40. RAMALHO O., MANDIN C., RIBERON J., WYART G. (2013), *Air stuffiness and air exchange rate in French schools and day-care centers*, **International Journal of Ventilation**, 12(2), 175-180.
41. RODA C, GUIHENNEUC-JOUYAUX C, MOMAS I (2013), *Environmental triggers of nocturnal dry cough in infancy: New insights about chronic domestic exposure to formaldehyde in the PARIS birth cohort*, **Environmental Research**, 123, 46–51.
42. RODA C., KOUSIGNIAN I., RAMOND A., MOMAS I. (2013), *Indoor tetrachloroethylene levels and determinants in Paris dwellings*, **Environmental Research**, 120, 1-6.
43. RODA C, NICOLIS I, MOMAS I, GUIHENNEUC-JOUYAUX C (2013), *Comparing Methods for Handling Missing Data*, **Epidemiology**, 24(3), 469-471.
44. YVERNEAU H., MANDIN C. (2013), *Influence de la qualité de l'environnement intérieur dans les bureaux sur la performance des occupants : méthodes d'évaluation, données disponibles et coûts économiques associés*, **Pollution Atmosphérique**, 218, [en ligne], http://lodel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/index.php?id=2086.

Communications

1. BENTAYEB M., BILLIONNET C., DERBEZ M., KIRCHNER S., ANNESI-MAESANO I., *Increased respiratory health effect of indoor air pollution in elderly: the case of VOCs*, **J2R 2011, 7e Journées de recherche respiratoire**, 21-22 octobre 2011, Toulouse, FRA
2. BESSONNEAU V., DERBEZ M., THOMAS O., CLEMENT M., *Spatial and temporal variability in chlorination by-products levels within indoor swimming pools*, **Indoor Air 2011, 12th International conference on Indoor air quality and climate**, June 5-10, 2011, Austin, Texas, USA
3. BLANCHARD O., MERCIER F., LE BOT B., RAMALHO O., MANDIN C., GLORENNEC P. (2011), *Semi-Volatile Organic Compounds (SVOCs) in dust samples: what about the storage conditions?,* **Indoor Air 2011**, **12th International conference on Indoor air quality and climate**, June 5-10th, Austin (Texas, USA).
4. BONVALLOT N., MANDIN C., MERCIER F., LE BOT B., GLORENNEC P., *Cumulative indoor exposures to Semi-Volatile Organic Compounds (SVOCs) in France: a health risk ranking based on dust ingestion route*, **Indoor Air 2011, 12th International conference on Indoor air quality and climate**, June 5-10, 2011, Austin, Texas, USA
5. BOULANGER G., KEIRSBULCK M., BELHADJ-TAHAR H., BLANCHARD M., CABANES P.A., CAILLAUD D., ENRIQUEZ B., GOUPIL G., GRIMALDI F., GUILLOSSOU G., LARBRE J., LECLERC N., MILLET M., MOSQUERON L., SCHADKOWSKI C., TUDURI L., MANDIN C., *Development of indoor dust guidelines: DEHP case study*, **Indoor Air 2011, 12th International conference on Indoor air quality and climate**, June 5-10, 2011, Austin, Texas, USA
6. DERBEZ M., DASSONVILLE C., LETHROSNE M., BRETIN P., KIRCHNER S. *A pilot study of prevalence of lead based paint and lead contaminated dust in French schools*, **Indoor Air 2011, 12th International conference on Indoor air quality and climate**, June 5-10, 2011, Austin, Texas, USA
7. GLORENNEC P., MERCIER F., BLANCHARD O., BONVALLOT N., RAMALHO O., MANDIN C., LE BOT B., *Cumulative indoor exposures to Semi-Volatile Organic Compounds (SVOCs) in France: the ECOS project*, **Indoor Air 2011, 12th International conference on Indoor air quality and climate**, June 5-10th, Austin (Texas, USA).
8. JI X., MANDIN C., LARBRE J., RAMALHO O., LE BIHAN O., MARTINON L., BARD D., PAIRON J-C., *Measuring Levels of Ultrafine Particle Concentrations during Human Activities in Residential Environment.* **European Federation of Clean Air and Environmental Protection Associations (EFCA) International Symposium on Ultrafine Particles Sources, Effects, Risks and Mitigation Strategies**, 26-27 May 2011, Brussels, Belgium.
9. JI X., MANDIN C., LARBRE J., LE BIHAN O., RAMALHO O., BARD D., PAIRON J.C., *Influence du mode de vie sur l'exposition aux particules ultrafines dans l'environnement domestique*, **CFA 2011, 26e Congrès français sur les aérosols**, 25-26 janvier 2011, Paris, FRA.

10. MERCIER F., GLORENNEC P., DERBEZ M., THOMAS O., LE BOT B., *Cumulative indoor exposures to Semi-Volatile Organic Compounds in France: measurement methods in settled dust*, **Indoor Air 2011, 12th International conference on Indoor air quality and climate**, June 5-10, 2011, Austin, Texas, USA.
11. NIANG N., OUATTARA M., BRAJARD J., THIRIA S., YAHI H., MANDIN C., *Hierarchical-MTM (HMTM): classification d'individus décrits par des variables mixtes structurées en blocs*, **JDS'2011, 43e Journées de statistique**, 23-27 mai 2011, Tunis, Tunisie.
12. NICOLAS N., GAUDAIRE F. *Reflection on curved surfaces in a 2,5D ray tracing method for electromagnetic waves exposure prediction in urban areas.* **Proceedings,of URSI General Assembly**. Istambul, Turkey, 2011.
13. RAMALHO O., GREGOIRE A. & KIRCHNER S., *Fine and ultrafine particles in 20 French dwellings related to time-activity diaries*, **Indoor Air 2011, 12th International conference on Indoor air quality and climate**, June 5-10th, Austin (Texas, USA).
14. RIBERON J., DERBEZ M., LETHROSNE M., KIRCHNER S., *Impact of airing behaviour on air stuffiness in schools and daycares centres: development of a specific tool for ventilation management*, **Indoor Air 2011, 12th International conference on Indoor air quality and climate,** June 5-10, 2011, Austin, Texas, USA.
15. ROUSSELLE C., KEIRSBULCK M., DECLERCQ C., FLESCH F., LEFRANC A., RAMALHO O., RETHO C., *Investigation of Dimethylfumarate Contamination in 14 French Dwellings*, **XXXI International Congress of the European Association of Poisons Centres and Clinical Toxicologists**, 24-27 May 2011, Dubrovnik, Croatia.
16. BLANCHARD O., GLORENNEC P., MERCIER F., BONVALLOT N., CHEVRIER C., RAMALHO O., MANDIN C., LE BOT B. (2012), *Cumulative indoor exposures to SVOCs in France (ECOS Project): measurements of endocrine disruptors in 30 French dwellings – ECOS'Per study*, **PNRPE 2012, International Conference on Recent advances on the environmental and health effects of endocrine disrupters**, 10th-11th December 2012, Paris.
17. DE SEZE R, GAUDAIRE F, CAGNON P, THUROCZY G, SELMAOUI B, MAZET P, MAUGER S, AGNANI JB. *Population exposure and radiofrequency coverage of GSM and UMTS mobile phone networks*. **34th annual BEMS meeting**. Brisbane, Australia, June 2012.
18. SERENA F, BARTZIS J; BLUYSSEN P, CATTANEO A, MANDIN C, CARRER P, *Indoor Air Quality, Psychosocial Stress and Symptoms in Workers in Modern European Office Buildings: Results From the Officair Study Questionnaire*, **ISEE Conference**, August 26-30, 2012, Columbia, SC, P-235, **Epidemiology**: 23(5S).
19. GAUDAIRE F., *Métrologie et modélisation de l'exposition aux radiofréquences, Rencontres Scientifiques de l'ANSES, Radiofréquences : de la mesure d'exposition à la recherche d'effets biologiques*, **Rencontres Scientifiques de l'ANSES**, 25 septembre 2012. http://www.ansespro.fr/rencontres-

scientifiques/Documents/
RSC-Co-120925Gaudaire.pdf

20. GAUDAIRE F, NICOLAS N, DUFOUR JB, DE SEZE R. *Analyse conjointe de l'exposition des populations et de la couverture radio des réseaux de téléphonie mobile GSM et UMTS.* **Journées Scientifiques de l'URSI France "Champs électromagnétiques : de la dosimétrie à la santé humaine".** Paris, 3-4 avril 2012. 29-34.
21. GLORENNEC P., MANDIN C., MERCIER F., BLANCHARD O., FOURNIER K., RAMALHO O., LUCAS J.P., BONVALLOT N., LE BOT B., *Cumulative indoor exposures to Semi-Volatile Organic Compounds (SVOCs) in France: the ECOS project*, **PNRPE 2012, International Conference on Recent advances on the environmental and health effects of endocrine disrupters**, 10th-11th December 2012, Paris.
22. GUIGOU-CARTER C., WETTA R., FORET R., CHENE J.B. *Elements for an acoustic classification of dwellings and apartment buildings in France*, **Acoustics 2012**, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.
23. MANDIN C., RAMALHO O., RIBERON J., KIRCHNER S. *IAQ, ventilation, comfort and health in office buildings: a French nationwide survey*, **Ventilation 2012, 10th International conference on industrial ventilation**, September 17-19, 2012, Paris, FRA, 5 p.
24. MARTINSONS C. *Projection of LED chip brightness,* **Retinal Light Toxicity: the Impact of New Lighting Technology Symposium,** 31st May – 1st June 2012, Ed. D. Sliney and F. Behar-Cohen, Paris.
25. MICHELOT N., MARCHAND C., RAMALHO O., DELMAS V., CARREGA M. *Monitoring indoor air quality in French schools and day-care centres: results from the first phase of a pilot survey*, **Healthy Buildings 2012, 10th International conference**, July 8-12, 2012, Brisbane, AUS, 6 p.
26. NIANG KEITA N., OUATTARA M., BADRAN F., THIRIA S., MANDIN C. *Weighted hierarchical mixed topological map: une méthode de classification hiérarchique à deux niveaux basée sur les cartes topologiques mixtes pondérées,* **EGC 2012, 12e Conférence internationale francophone sur l'extraction et la gestion des connaissances**, 31 janvier - 3 février 2012, Bordeaux, FRA, 10 p.
27. OUATTARA M., NIANG KEITA N. (2012), *Classification multi blocs pondérée basée sur les cartes topologiques auto-organisées (ConSOM)*, **XIX conférence de la Société Française de classification SFC : 2012**, Octobre 2012, Marseille.
28. PAILLARD JC; ROUDIER C, LUCAS JP; ZEGHNOUM A, CATELINOIS O, PIRARD P, GAMBARD, JP, MANDIN C, LAURIER D, GULDNER L, LEFRANC A, VACQUIER B, *Factors Influencing Indoor Radon Levels in French Dwellings*, **ISEE Conference,** August 26-30, 2012, Columbia, SC, P-285, **Epidemiology**, 23(5S).
29. RAMALHO O., *Niveaux de particules dans les environnements intérieurs en France*, **Ateliers Scientifiques : Pollution par les particules, impacts sur la santé, l'air et le climat**, 13-14 novembre 2012, Paris.

http://poolo.kermeet.com/Data/kmclientv7/block/F_536ad60c8a7ffa75110dab8d46f258a850af4cd47e2b6.pdf

30. RAMALHO O., MANDIN C., RIBERON J., WYART G. *Air stuffiness and air exchange rate in French schools and day-care centers*, **Ventilation 2012, 10th International conference on industrial ventilation**, September 17-19, 2012, Paris, FRA, 6 p.
31. BOULENGUEZ P., CARRE S., PERRAUDEAU M., MARTINSONS C., *Blue-light hazard of LEDs: comparison of the photobiological risk groups of fifteen lamps assessed using the uniform spectrum assumption and a new hyperspectral imaging method*, **Proceedings of CIE Centenary Conference, Towards a new century of light**, April 12-19, 2013, Paris, FRA.
32. DE SEZE R, GAUDAIRE F, CAGNON P, THURÓCZY G, SELMAOUI B, MAZET P, MAUGER S, AGNANI JB, *Home measurements of RF exposure in the French Comop program*, **BioEM 2013, joint meeting of the Bioelectromagnetics Society and the European Bioelectromagnetics Association**, June 10-14, 2013, Thessaloniki, Greece.
33. MANDIN C., MERCIER F., LUCAS J.P., RAMALHO O., BLANCHARD O., BONVALLOT N., CHAUVIN D. GLORENNEC P., LE BOT B., *Semi-volatile organic compounds in home settled dust: a nationwide survey in France*, **2013 Conference on Environment and Health – Bridging South, North, East and West, ISEE-ISES-ISIAQ**, Basel, Switzerland August 19th to 23rd, 2013, ID 4680.
34. MANDIN C., MERCIER F., LUCAS J.P., RAMALHO O., BLANCHARD O., BONVALLOT N., RAFFY G., GILLES E., GLORENNEC P., LE BOT B. *ECOS-POUSS - Contamination des poussières des logements français en composés organiques semi-volatils (COSV),* **4ème Congrès national Santé Environnement, Société Française de Santé et Environnement, Cancer et Environnement : Approche interdisciplinaire, état des connaissances et implications sociétales**, 28-29 novembre 2013, Lyon.
35. NIANG KEITA N., OUATTARA M. (2013), *Statis based multiblock clustering*, **International Federation of Classification Societies Conference IFCS 2013**, July 2013, Tilburg, The Netherlands.
36. OUATTARA M., NIANG KEITA N. (2013), *Classification multi blocs basée sur les cartes topologiques*, **EGC 2013**, January 2013, Toulouse, France.
37. OUATTARA M., NIANG KEITA N., BADRAN F., MANDIN C. (2013), *Soft Subpace clustering pour données multiblocs basée sur les cartes topologiques auto-organisées SOM : 2S-SOM*, **SFDS 2013**, May 2013, Toulouse.
38. ZISSIS G, KITSINELIS S, AREXIS-BOISSON L, MARTINSONS C, BOULENGUEZ P, CARRÉ S, *LEDs and Solid-State Lighting: the potential health issues*, **Proc. 7th International Conference on Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting (EEDAL'13),** Coimbra, Portugal,11-13 September 2013.

Guides

1. RIBERON J., RAMALHO O., MANDIN C., COCHET V. (2012), *Guide d'application pour la surveillance du confinement de l'air dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs*, Rapport [DESE/Santé N°2012-086R] Mai 2012, 10 p. http://www.developpement-durable.gouv.fr/document130382

Ouvrages



1. KIRCHNER (2012), Pollution de l'air et transports terrestres : dix ans de recherche, La Documentation Française, Collection Synthèses PREDIT (Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestre), 88 p.
2. KIRCHNER S., MANDIN C., DERBEZ M., RAMALHO O., RIBERON J., DASSONVILLE C., LUCAS J.P., OUATTARA M. (2013), Quality of indoor air, quality of life – A decade of research to breathe better, breathe easier, Observatoire de la qualité de l'air intérieur, CSTB Editions, 208 p.
3. KIRCHNER S., MANDIN C., DERBEZ M., RAMALHO O., RIBERON J., DASSONVILLE C., LUCAS J.P., OUATTARA M. (2011), Qualité d'air intérieur, qualité de vie. 10 ans de recherche pour mieux respirer, Observatoire de la qualité de l'air intérieur, CSTB Editions, 212 p.
4. MANDIN C, LE BIHAN O, AGUERRE-CHARIOL O (2011), Monitoring Nanoaerosols and Environmental Exposure, in Nanoethics and Nanotoxicology, Eds. HOUDY P, LAHMANI M, MARANO F, 2011, Springer Berlin Heidelberg, pp 201-210
5. NDAGIJIMANA F., GAUDAIRE F. (2013), Au cœur des ondes – Les champs électromagnétiques en question, Editions Dunod, Collection Universciences, Paris, 2013, 188 p.

Organisations ou co-organisations de colloques

6. Atelier des 10 ans de l'OQAI "Qualité d'air intérieur, qualité de vie 10 ans de recherche pour mieux respirer", le 13 septembre 2011 à Paris (organisation OQAI)
7. Atelier "Epuration de l'air intérieur par les techniques photocatalytiques", les 2 avril 2012 (atelier scientifique) et 25 juin 2012 (grand public) à Paris (organisation OQAI)

8. Ventilation 2012, 10th Conférence Internationale sur la Ventilation Industrielle, Paris (INRS en partenariat avec l'OQAI, le CSTB, et le CETIAT)
9. Atelier "Qualité de l'air intérieur dans les écoles", le 13 juin 2013 (grand public) à Paris (organisation OQAI)
10. Défis Bâtiment Santé 2013, Qualité de l'air des bâtiments, 28 mai 2013, Paris (Université d'Angers en partenariat avec l'OQAI entre autres)

GESTION DE LA QUALITÉ SANITAIRE DES ESPACES CLOS

Articles scientifiques publiés dans des revues à comité de lecture

1. TOKAREK S., BARREAU N., CAPELA S., NICOLAS M., MAUPETIT F., RITOUX S., SQUINAZI F., GUILLOSSOU G., EZRATTY V. AND ROBERT-GNANSIA E. Caractérisation de l'efficacité chimique et particulaire d'un épurateur d'air photocatalytique autonome. Environnement Risques et Santé, 10, 35-45, 2011.
2. MANDIN C., MAUPETIT F. Qualité de l'air intérieur dans les bâtiments neufs : données disponibles et spécificités. Pollution Atmosphérique n° 209, janvier-mars 2011, 47-56, 2011.
3. CHIAPPINI L., ROSSIGNOL S., RIO C., USTACHE A., FABLE. S., NICOLLE J., NICOLAS M., Formation d'aérosols organiques secondaires en air intérieur : le rôle des produits ménagers. Pollution atmosphérique n°213-214, 99-106, 2012.
4. COLLIGNAN B., LORKOWSKI C., AMÉON R. Development of a methodology to characterize radon entry into dwellings. Building and Environment 57, 176 – 183, November 2012.
5. C GAÜZÈRE, M MOLETTA-DENAT, F BOUSTA, S MOULARAT, G ORIAL, S RITOUX, J-J GODON AND E ROBINE (2013). "Reliable procedure for molecular analysis of airborne microflora in three indoor environments: an office and two different museum contexts." Clean, soil, air, water, 41 (3): 226–234.
6. GAÜZÈRE, C., MOLETTA-DENAT, M., BLANQUART, H., FERREIRA, S., MOULARAT, S., GODON, J.-J. AND ROBINE, E. (2013), Stability of airborne microbes in the Louvre Museum over time. Indoor Air. doi: 10.1111/ina.12053
7. O. HOLMGREN; H. ARVELA; B. COLLIGNAN; M. JIRANEK; W. RINGER. Radon remediation and prevention status in 23 European countries. Radiation Protection Dosimetry 2013; doi: 10.1093/rpd/nct156International Journal, 2012, DOI 10.1007/s12273-012-0095-2
8. ROSSIGNOL S., RIO C., USTACHE A., FABLE S., NICOLLE J., MÊME A., D'ANNA B., NICOLAS M., LEOZ E., CHIAPPINI L. The use of a housecleaning product in an indoor environment leading to oxygenated polar compounds

and SOA formation: gas and particulate phase chemical characterization. Atmospheric Environment, Volume 75, 196-205, 2013.

9. HULIN M, MOULARAT S, KIRCHNER S, ROBINE E, MANDIN C, ANNESI-MAESANO I (2013). Positive associations between respiratory outcomes and fungal index in rural inhabitants of a representative sample of French dwellings. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 216, 155-162.
10. ROBINE E., GEHIN E., CORDONNIER F., HA T.L.Influence des supports sur la persistance des virus respiratoires., Revue Salles propres, 90, janvier 2014, p. 64-66.
11. MOULARAT S, HULIN M, ROBINE E, ANNESI-MAESANO I, CAILLAUD D (2011). Airborne Fungal Volatile Organic Compounds in Rural and Urban Dwellings. Detection of mould contamination in 94 homes determined by visual inspection and airborne fungal volatile organic compounds method. Science of the Total Environment. 409, 2005-2009.
12. M DRAGHI AND E ROBINE (2010). "La détection des COVm dans les espaces clos : une méthode alternative pour tracer la contamination fongique " RSEIN 31: 1.
13. DIALLO T. M. O., COLLIGNAN B., ALLARD F. Analytical quantification of air flows entering through building substructures for the assessment of soil gas pollutant impact on indoor air quality. Building Simulation

Communications

1. CHIAPPINI L., NICOLAS M., D'ANNA B. Le projet ADOQ: Activités Domestiques et Qualité de l'air intérieur : émissions, réactivité et produits secondaires. Les Défis Bâtiment et Santé, 28 mai 2013.
2. BERTHELOT B, MOULARAT S, GEHIN E, ROBINE, E (2013). Caractérisation chimique des bioaérosols : élaboration d'une base de données spectrale MicrobAero, La Bourboule.
3. T.M.O. DIALLO, B. COLLIGNAN, F. ALLARD. Air flow model for sub-slab depressurization systems design.., 34th Conference on Air Infiltration and Ventilation Centre. 25-26 September 2013, Athens, Greece.
4. T.M.O. DIALLO, B. COLLIGNAN, F. ALLARD. Development of an air flow model for passive Soil Depressurization System design to protect building against radon. 7th International Conference on Protection Against Radon at Home and at Work. 2nd – 6th Sept. 2013. Prague. Czech Republic.
5. M. DRAGHI, BAILLY J.D., BAILLY S., LACROIX M., MOULARAT S.*, ROBINE E. Moisissures dans les environnements intérieurs: problématique des mycotoxicoses respiratoires, MicrobAéro,7-9 octobre 2013 , La Bourboule
6. S. MOULARAT, M. DRAGHI*, R. ANTON, E. ROBINE (2013). Volatil organic compounds : a way to detect fungal development in indoor environments,

Environment eand Health – Bridging South, North, East and West, 19-23 août 2013, Bâle (Suisse).

7. M. DRAGHI, S. MOULARAT, E. ROBINE (2013). Pathologies des bâtiments : le cas des moisissures Construction et Développement Durable – CIGOS, 4-5 avril 2013, Lyon.
8. M. DRAGHI (2013). Moisissures et environnements intérieurs : état des connaissances, 28ème Congrès Français sur les Aérosols, CFA, 23-24 Janvier 2013, Paris.
9. C. GAÜZERE, M. MOLETTA-DENAT, E. ROBINE, J-J. GODON (2013). Caractérisation de la diversité microbienne de l'air des espaces clos, 28ème Congrès Français sur les Aérosols, CFA, Paris.
10. DRAGHI M, BAILLY J, BAILLY S, LACROIX M, MOULARAT S, ROBINE E (2013). Moisissures dans les environnements intérieurs: problématique des mycotoxicoses respiratoires. MicrobAero, La Bourboule.
11. DRAGHI M, MOULARAT S, ROBINE E (2013). Volatil organic compounds : a way to detect fungal development in indoor environments. EHB13, Suisse.
12. MAUPETIT F. Intégrer la qualité de l'air intérieur dans un outil de qualité environnementale du bâtiment. Colloque Les Défis Bâtiment & Santé 2013, 28 mai 2013, Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris (http://www.defisbatimentsante.fr/wp-content/uploads/2013/06/9-MAUPETIT.F.pdf)
13. MOULARAT S, JOBLIN Y, ANTON R, ROBINE E (2013). Détection précoce des moisissures dans les environnements intérieurs. MicrobAero, La Bourboule.
14. MOULARAT S, DRAGHI M, ROBINE E (2013). Outil innovant dédié à la détection précoce des moisissures dans les environnements intérieurs. 13ème Contamin Expert, Paris, Aspec.
15. MÊME A., NICOLAS M., CHIAPPINI L., RIO C., NICOLLE J., ROSSIGNOL S., D'ANNA B. Household products and indoor air quality: emission, reactivity and by-products in both gaseous and particulate phases. European Aerosol Conference, Prague, 2013.
16. NICOLAS M. Intervention lors des 3èmes Assises Nationales de la Qualité de l'Air, 2013.
17. NICOLAS M. Reportage La Maison empoisonnée, France 5, 27 janvier 2013.
18. HA T.L., DELABY S., ROBINE E., GEHIN E., DA G., LEFEBVRE G., DUCHAINE C., VEILLETTE M., MICHEL K. PRIMEQUAL Etude des déterminants environnementaux de l'exposition virale: application à la surveillance et gestion des viroses respiratoires dans une salle de classe.« Qualité de l'Air Intérieur », Colloque de restitution, 19 et 20 novembre 2013, La Rochelle.
19. CORDONNIER F., HA T.L., ROBINE E., GEHIN E. Dispositif d'aérobiocontamination appliqué à l'étude du rôle des supports dans la transmission des viroses respiratoires.Congrès ContaminExpert, 26-28 mars 2013, Paris, FRA, 8 p.

20. CHIAPPINI L., ROSSIGNOL S., MOMBELLI E., GREUILLET C., NICOLLE J., NICOLAS M., USTACHE A., RIO C., SOA formation study from limonene ozonolysis in indoor environment: gas and particulate phases chemical characterization and toxicity prediction. Healthy Buildings International Conference, Brisbane, 2012.
21. NICOLAS M., DELABY S. Impact des matériaux photocatalytiques sur les polluants chimiques et microbiens des environnements intérieurs. Rapport bibliographique pour l'ADEME, Marché n°1062C0024. Mars 2012. 75p.
22. MAUPETIT F., Qualité de l'air intérieur: Matériaux et mise en application de l'étiquetage. Conférence « Qualité de l'air – Où en sommes-nous ? Réglementation, métrologie et santé, Ecole des Mines Alès, 7 février 2012.
23. MAUPETIT F., Le contrôle des sources, une stratégie indispensable. 2ème Colloque « Les défis bâtiment & santé » : Produits de construction et santé, Angers, 24 mai 2012.
24. NGUYEN TP, MOULARAT S, ROBINE E, BERARDO R, BASSET T, BOUSTA F, ORIAL G, LAFFONT C, LAMA A, RAMOND P (2012). DECAGRAPH, détection précoce des contaminants des collections graphiques. Colloque SMPC2, Sciences des matériaux du patrimoine culturel, Paris.
25. T.M.O. DIALLO, B. COLLIGNAN, F. ALLARD Analytical quantification of airflow through permeable basement wall. Vapor Intrusion conference 2012 3-4 Octobre 2012, Denver, Colorado, USA
26. THIERNO M.O. DIALLO, BERNARD COLLIGNAN, FRANCIS ALLARD, JUSLIN KOFFI. Contamination of indoor air by soil gas pollutants: the impact of building substructures.. 10th International Conference on Industrial Ventilation. Ventilation 2012, 17-19 Sept. 2012, Paris, France
27. THIERNO M.O. DIALLO, BERNARD COLLIGNAN, FRANCIS ALLARD. Impact assessment of soil gas pollutant on indoor air quality: Development of analytical models to quantity air flow entering through building substructures. Healthy Buildings 2012, 10th International conference, July 8-12, 2012, Brisbane, Australia.
28. W. RINGER, J. GRÄSER, H. ARVELA, O. HOLMGREN, B. COLLIGNAN. The Effect of New Building Concepts on Indoor Radon. IRPA 13, Glasgow, Scotland, 13 – 18 May 2012
29. O. HOLMGREN, H. ARVELA, B. COLLIGNAN, M. JIRANEK, W. RINGER. Radon prevention and remediation in EU countries, RADPAR questionnaire study IRPA 13, Glasgow, Scotland, 13 – 18 May 2012
30. ROUX M.L., F. MAUPETIT, C. YRIEIX, Contribution du mobilier de crèche à la qualité de l'air intérieur – Projet MOBAIR-C : Les résultats, Journée Technique « Le Grenelle de l'Environnement et l'Ameublement », FCBA, Paris, 4 avril 2012.
31. HA T.L. Etude des déterminants environnementaux de l'exposition virale: application à la surveillance et gestion des viroses respiratoires dans une salle de classe PRIMEQUAL « Environnement Intérieur et Approches Innovantes », Séminaire de lancement des projets de recherches, 30 novembre 2012, Paris.

32. CORDONNIER F., HA T.L., ROBINE E., GEHIN E. Survival of airborne influenza on surfaces. EAC 2012, European Aerosol Conference 2012, 2-7 sept 2012, Granada, SPAIN.

33. ANTON R, MOULARAT S, JOBLIN Y, SOURICE J, AUBERT PH, SALLENAVE X, BANET P, ROBINE E ET CHEVROT C (2011). Study of gas sensors based on electropolymerized conducting polypyrrole films for the detection of fungal development. 6th World Congress on BIOMIMETICS, Artificial Muscles and Nano-Bio, Cergy-Pontoise.

34. ANTON R, MOULARAT S, JOBLIN Y, SOURICE J, AUBERT PH, SALLENAVE X, BANET P, ROBINE E ET CHEVROT C (2011). Etude de polypyrrole électropolymérisé en vue de l'application à la détection fongique. 4ème Journée POL-IdF, Thiais.

35. C GAÜZÈRE, M MOLETTA-DENAT, S MOULARAT, S RITOUX, E ROBINE AND J GODON (2011). Dynamic and diversity of airborne microflora in the Louvre Museum through high-throughput molecular tools. FEMS, Genève.

36. MAUPETIT F., Caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde par les produits de construction et d'ameublement (Méthodologie), Journée Technique « Le Grenelle de l'Environnement et l'Ameublement », FCBA, Paris, 5 avril 2011.

37. NICOLAS M., NICOLE J., FERNANDEZ M., CHIAPPINI L D'ANNA B., MAUPETIT F. ADOQ-- Characterization of VOCs and Aldehydes emissions from household products. Indoor Air International Conference, Austin – Texas, 2011.

38. NICOLLE J., CHIAPPINI L., FABLES S., GEORGE C., D'ANNA B., MAUPETIT F., NICOLAS M., Field studies on the impact of domestic activities on indoor air quality. Indoor Air International Conference, Austin – Texas, 2011.

39. MANOUKIAN A., TEMIME-ROUSSEL B., NICOLAS M., MAUPETIT F., QUIVET E., WORTHAM H. Characteristics of emissions of air pollutants from incense and candle burning in an experimental house. Indoor Air International Conference, Austin – Texas, 2011.

40. MAUPETIT F., French national initiatives and participation in the EU harmonization process. Emissions and odours from materials 2011 – 9th edition, Brussels, November 9-10, 2011.

41. PRIN H., BLONDEAU P., MAUPETIT F., NICOLAS M., YRIEIX C., COLLIGNAN B. Towards the development of a physically-based model representing primary and secondary emissions of formaldehyde from materials containing urea-formaldehyde resin. Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings – IAQVEC 2010, August 15-18, 2010, Syracuse NY, USA, Paper 54-84.

42. C GAÜZÈRE, M MOLETTA-DENAT, R ANTON, F BOUSTA, Y JOBLIN, S MOULARAT, G ORIAL, S RITOUX, E ROBINE AND J GODON (2010). Etude des aérosols microbiens dans les sites patrimoniaux : approche moléculaire. ASFERA, Paris.

43. C GAÜZÈRE, M MOLETTA-DENAT, F BOUSTA, S MOULARAT, G ORIAL, S RITOUX, E ROBINE AND J GODON (2010). Airborne microbiology in museum through molecular approach: preliminary study. IAQ, Chalon-sur-Saone,

44. C GAÜZÈRE, M MOLETTA-DENAT, S RITOUX, E ROBINE AND J GODON (2010). Airborne microbiology in enclosed spaces through molecular approach. 14th International Aerosol Conference, IAC, Helsinki, Finlande.

45. C GAÜZÈRE, M MOLETTA-DENAT, S RITOUX, E ROBINE AND J GODON (2010). Molecular analysis of the indoor air microbial diversity. 13th International Symposium on Microbial Ecology, ISME, Seattle, USA.

PRISE EN COMPTE DES USAGES, DU BÂTIMENT À LA VILLE

Articles scientifiques publiés dans des revues à comité de lecture

1. DEVALIERE I. (2013), « *Du règlement des impayés aux services locaux d'intervention pour la maîtrise de l'énergie, (r)évolutions des modes de traitement de la précarité énergétique* », in « Mutation écologique et transition énergétique. Vers la ville intelligente ? », Urbia, n°15, février, pp. 61 – 86
2. DEVALIERE I. (2013), « L'*inconfort thermique au cœur des inégalités entre les ménages. appui sur l'enquête nationale logement 2006* », Flux, n° 89-90, 2012, pp. 58 – 66
3. DEVALIERE I. (2012), *Contre la précarité énergétique, la rénovation thermique d'abord*, ICF Infos n°110.
4. MARCHAND D, WEISS K, LAFFITTE J-D, RAMALHO O, CHAVENTRE F ET COLLIGNAN B (2013). Le bien-être face aux incertitudes environnementales ? *APPA – Revue Pollution Atmosphérique ; n°219. Octobre 2013*.
5. MARCHAND D, CHAVENTRE F, RAMALHO O, LAFFITTE JD, COLLIGNAN B, WEISS K. De l'évaluation du risque à la gestion de la crise : le cas du syndrome des bâtiments malsains. Environnement Risque Sante 2013 ; 12 : 325-9. doi : 10.1684/ers.2013.0632
6. ROUDIL N, (2012), Coordination du dossier Fabriquer la ville à l'heure de l'injonction au « durable ». Revue Métropolitiques.eu. http://www.metropolitiques.eu ou http://www.ramau.archi.fr/spip.php?article743
7. ROUDIL N. FLAMAND A. 2013. « Maitriser sa consommation d'énergie : une nouvelle compétence à mobiliser pour mieux habiter », in métropolitiques, dossier « Fabriquer la ville à l'heure de l'injonction au « durable » », mai 2013
8. Contribution au manuel scolaire « Sciences et Techniques Sanitaires et Sociales » 2012, éditions Bertrand-Lacoste, Pôle méthodologique, pp. 167-171
9. DEVALIERE I. (2011), *La précarité énergétique ou le froid chez soi*, La lettre du Rappel, Focus n°7, Juillet 2011

10. DEVALIERE I. (2011), *La précarité énergétique, retour sur la genèse d'une préoccupation*, Juin 2011, http://www.metropolitiques.eu/La-precarite-energetique-retour.html
11. DEVALIERE I., BRIANT P., ARNAULT S. (2011), *La précarité énergétique : avoir froid ou dépenser trop pour se chauffer*, INSEE Première, n°1351, Mai 2011. http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1351
12. BAILLY E., « Des espaces publics aux espaces paysagers de la ville durable », Articulo - Journal of Urban Research [Online], Special issue 4 | 2013, Online since 25 November 2013, connection on 29 November 2013 http://articulo.revues.org/2233 ; DOI : 10.4000/articulo.2233

Ouvrages et chapitre d'ouvrage

1. BAILLY E., 2013. « aménager et habiter », in Les mondes urbains, sous la direction d'A. Deboulet et M. Jole, Kartala, Paris,
2. BAILLY E., 2013. Quels espaces publics pour les éco quartiers, ed. Certu, en 2013 (contribution au titre du club éco quartier) Certu- Caue.
3. ROUDIL N. 2011. Usages sociaux de la déviance. Habiter la Castellane sous le regard de l'institution, Paris, L'harmattan, collection Habitat et société.
4. MACAIRE E. et ROUDIL N. 2013. « Participation et démarches innovantes : méthodes, postures et compétences », Biau V. , Fenker M. , Macaire E., L'implication des habitants dans la fabrication de la ville. Métiers et pratiques en question, Paris : Editions de la Villette, n°6
5. ROUDIL N., FLAMAND A. 2013. « Face à la crise : l'habitant-consommateur d'énergie, stratégies et économies », in DESJEUX D, MOUSSAOUI I. (dir), Le consommateur (malin?!) face la crise, L'Harmattan, Paris, Série : Consommations et Société

Communications

1. BAILLY E., "Peripheral Public Spaces and "Neighborhood Landscapes" in the Bronx (New York) and L'Ile St Denis" (Seine St Denis Paris) - Colloque international : The role of open spaces in the transformation of urban landscape, Berlin, 12-14 mars 2013
2. ROUDIL N ., « La ville durable est-elle injuste ? Le citadin entre injonction à « bien habiter » et normalisation des conduites en milieu urbain », Communication au colloque « Systèmes énergétiques renouvelable en France et en Allemagne. Analyse socio -économique synergies et divergences ». 21 et 22 octobre 2013, Maison Interuniversitaire des Sciences de l'Homme Alsace, Strasbourg.

3. ROUDIL N.,« La ville durable est-elle injuste ? Le citadin entre injonction à « bien habiter » et normalisation des conduites en milieu urbain », communication au Vème congrès de l'Association Française de Sociologie, Réseau thématique 9 « Inégalité urbaine et formes de domination », Nantes du 2 au 5 septembre 2013.
4. DEVALIERE I., « Caractériser les ménages : profils-type et indicateurs», Débat National sur la transition énergétique, Amiens, 24 Mai 2013
5. DEVALIERE I., « Premiers résultats de l'Observatoire National de la Précarité énergétique », 62ème AG H&D, Paris, 16 Mai 2013
6. DEVALIERE I., « Modes de traitement de la précarité, de 1970 à nos jours », Rencontres Nationales des Compagnons Bâtisseurs, Marseille, 5 Avril 2013
7. MARCHAND D, RAMALHO O, COLLIGNAN B, CHAVENTRE F, LAFFITTE JD, WEISS K (2013). Syndrome des bâtiments malsains: analyse des facteurs environnementaux et psychosociaux. Colloque PRIMEQUAL ; La qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments : effets, causes, prévention et gestion des pollutions. Université de La Rochelle, 19 & 20 novembre 2013.
8. MARCHAND, CHAVENTRE, RAMALHO, LAFFITTE, COLLIGNAN, WEISS (2012). De l'évaluation du risque à la gestion de crise. Le cas des syndromes des bâtiments malsains. 3e Congrès National de Santé et Environnement : Les signaux faibles en santé environnement : de l'alerte à la décision. SFSE, Paris, 5-6 décembre 2012.
9. MARCHAND D., WEISS K. LAFFITTE J.D., RAMALHO O., COLLIGNAN, CHAVENTRE F. (2012). De la représentation du risque environnemental à l'incertitude. Quels facteurs explicatifs de l'évolution des crises de Syndrome des Bâtiments Malsains. 7ème Congrès de Psychologie de la Santé de langue Française. "Individus, Familles & Sociétés". Lille, 17-19 décembre 2012.
10. KERMAREC F, MARCHAND D, DEMILLAC R, ESVAN M, JOURDREN A, RALAIVAO M (2012). « Un exemple d'évaluation interdisciplinaire des syndromes collectifs inexpliqués. Rennes – France ». Vème Congrès International d'Epidémiologie, Bruxelles, 12 - 14 septembre 2012.
11. ROUDIL N., « La consommation d'énergie à l'épreuve des pratiques et savoirs d'usage des habitants », communication aux 1ères journées internationales de sociologie de l'énergie, Université de Toulouse Le Mirail, Toulouse, les 25 et 26 octobre 2012.
12. ROUDIL N., "Energy housing consumption in France. Practices, rationalities and motivations of inhabitants., communication à l'"International scientific Workshop. Energy and Society. Instituto de Ciências Socoais Universidade de Lisboa, Lisboa, March 22-24, 2012.

13. ROUDIL N., « L'habitant consommateur d'énergie : stratégies et économies », Communication au colloque Bâtiment-énergie – quelles contributions du génie électrique ? Club des Enseignants et Chercheurs en Electronique, Electrotechnique et Automatique. Université de Cergy Pontoise. Les 15 et16 mars 2012
14. ROUDIL N., « La consommation énergétique domestiques. Le projet ENERGIHAB : résultats d'étape », Communication au colloque « Usages de l'énergie dans le bâtiment : penser la transition », organisé par le PUCA et le LATTS – ESIEE Paris, Cité Descartes, 19 & 20 janvier 2012.
15. DEVALIERE I, « Précarité énergétique : Mieux connaître les ménages, les acteurs et dispositifs locaux », Atelier de la solidarité, Ville d'Angers (CCAS 49), 21 Novembre 2012
16. DEVALIERE I, « Prévenir la précarité énergétique », Journée d'échange, Réseau GRAINE / Alisée (49), Angers, 8 Novembre 2012
17. DEVALIERE I, « Précarité énergétique : objet socio-technique en cours d'identification », Premières Journées Internationales de Sociologie de l'Energie, Université de Toulouse II le Mirail, Toulouse, 26 Octobre 2012
18. DEVALIERE I, « Observation des ménages en précarité énergétique », Les Assises de l'Energie, Dunkerque, 24 Janvier 2012
19. DEVALIERE I, « Le panorama de la précarité énergétique : émergence du public, politiques et enjeux », Séminaire de formation Développement durable du Comité national de liaison des Régies de quartier, Paris, 10 Février 2011.
20. KERMAREC F, DOR F, MARCHAND D, DEMILLAC R, ESVAN M, BRIAND A, JOURDREN A, RALAIVAO M, DE AMORIM F, DEDOURGE C, PERREY C (2011). Contribution of an interdisciplinary approach in assessing acute sick building syndromes: a case study. Environment and public health in modern society. Berlin-Postdam, 7-9 novembre 2011.
21. MARCHAND D. (2011). PSYCOBAT. Du syndrome des bâtiments malsains au syndrome psychogène collectif : quelle est la part de l'environnement et de la subjectivité dans l'expression des syndromes sanitaires collectifs survenant dans les bâtiments et pour quelles modalités de gestion ? Primequal, MEDDTL, 20 septembre 2011.
22. MARCHAND, RAMALHO, CHAVENTRE, LAFFITTE, COLLIGNAN, WEISS D (2011). De l'évaluation à la gestion du risque sanitaire ; situations de vulnérabilité dans le cadre bâti. Séminaire de recherche, Université de Provence. 17 juin 2011.
23. ROUDIL N., « La consommation énergétique des ménages, innovations et créations dans les dynamiques d'habiter », Communication aux journées du Réseau Scientifique RAMAU, « Les pratiques de conception architecturale et

urbaine : évolutions et perspectives face aux enjeux du développement durable », Paris, Grande Arche La défense, ENSA Versailles-PUCA, 25 novembre 2011.

24. ROUDIL N., « Energy consumption: Practices, rationalities and motivations of inhabitants. A gender issue ?", Communication au colloque "Sustainable Consumption– Towards action and impact", International scientific conference, Hamburg November 6th-8th 2011.
25. ROUDIL N., Energy Housing Consumption in France. Between Consumption Practices and Way-Of-Life Modalities in Dwellings: The Creative Inhabitant in the Paris area", Communication au colloque de l'IAPS International Symposium 2011, IAPS-CSBE & Housing Network, "Continuity and Change of built environments-Housing, Culture and Space across lifespans, Daegu, Korea, October 10-14, 2011.
26. ROUDIL N., «Consommer de l'énergie. Entre pratiques de consommation et pratiques de l'habiter : l'habitant créateur », IVème congrès de l'Association Française de Sociologie, Réseau thématique 11 « De la conception à la consommation, innovations et créations dans les dynamiques de consommation », 5-8 juillet 2011, Grenoble

ANNEXES

ANNEXE 1 : THESES ET POST DOCTORANTS

THÈSES ASSOCIÉES AVEC LA PRIORITÉ USAGE SANTÉ CONFORT

- BERTHELOT Brice (2014) : Microélectronique (Université Paris-Diderot). Etude et réalisation de micro-capteurs dédiés à la surveillance des polluants d'origine fongique en espace clos.
- ANTON Rukshala (2013) : Chimie des polymères (Université de Cergy-Pontoise / LPPI). Etude et compréhension des mécanismes d'interaction de Composés Organiques Volatils (COV) par des couches polymères : application à la microdétection des polluants des environnements intérieurs.
- DIALLO Thierno Mamadou Oury (2013) : Impact des polluants gazeux du sol sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments. Thèse de l'Université de La Rochelle, présentée par le 10 octobre 2013 pour obtenir le grade de Docteur, spécialité : génie civil.
- JOBLIN Yaël (2011) : Microélectronique (Université Paris-Est Marne-La-Vallée / Ecole d'ingénieur ESIEE). Etude et réalisation de micro-capteurs gaz destinés à la détection rapide d'un développement fongique dans les espaces clos.
- COGUENANFF Corentin, *Prédiction des performances acoustiques des éléments légers à ossatures bois – Problème inverse statistique en vibroacoustique*. Labo associé : LMSME (Laboratoire de modélisation et simulation multi-échelle) - Université Paris Est Marne-La-Vallée (2011-2014)
- DIARRA BOUSSO LO Mame, *Etude paramétrique et analyse conjointe mesure / modélisation pour la définition d'indicateurs de l'exposition aux champs électromagnétiques radiofréquences.* Labo associé : XLIM/SIC Poitiers (2011-2014)
- HAESE Gwénaëlle, *Mise au point d'une méthode de prédiction de la perception sensorielle lors des tests de dégustation par l'utilisation d'indicateurs du système nerveux*. Labo associé : ENSCR, écoles doctorale de Science de la Matière (2011-2014)
- JACQUS Gary, *Etude des caractéristiques acoustiques des matériaux alvéolaires utilisés pour la construction de parois dans le bâtiment,* Labo associé : Université de Toulouse (2008-2011)
- JOLIBOIS Alexandre, *A study on the acoustic performance of tramway low height noise barriers: gradient-based numerical optimization and experimental approaches*. Laboratoires associés : Laboratoire Navier, Ecole des Ponts ParisTech, Université Paris-Est et Graduate Program in Acoustics, The Pennsylvania State University (2010-2013)
- KOUSSA Faouzi, *Evaluation de la performance acoustique des protections antibruit innovantes utilisant des moyens naturels : application aux transports terrestres*. Labo associé : LMFA de l'Ecole Centrale de Lyon (2009-2012)
- MARRY Solène, *L'espace public sonore ordinaire : les paramètres de la perception sonore dans les espaces publics - contribution à une connaissance de l'ambiance sonore,* Labo associé : Université de Grenoble (2008-2011)

- ROPARS Pierre, *Modélisation des vibrations d'origine ferroviaire transmises aux bâtiments par le sol* Labo associé : Université Paris Est (2008-2011)
- VUYLSTEKE Xavier, *Méthode multipolaire rapide appliquée aux éléments de frontière pour la propagation acoustique en zone urbaine*. Labo associé : IFSTTAR (2011-2014)
- LUCAS Jean-Paul, Contamination des logements par le plomb : prévalences des logements à risque et identification des déterminants de la contamination, Université de Nantes (2009-2013).
- MANDIN Corinne, Contamination des logements français en composés semi-volatils et expositions associées, Université de Rennes I (2012-2016)
- OUARET Rachid, Analyse des fluctuations et prévision de la concentration des polluants de l'air intérieur, Université Paris-Est Créteil (2011-2014).
- OUATTARA Mory, Développement et mise en place d'une méthode de classification multi-blocs. Application aux données de l'OQAI, CNAM (2010-2014)
- RODA Céline, Exposition domestique à des polluants chimiques de l'air intérieur : modélisation et évaluation de l'impact sur la santé respiratoire chez le jeune enfant. Bilan au terme d'une année de suivi de la cohorte de nouveau-nés PARIS, Université Paris Descartes (2009-2012)

POST-DOCTORANTS

- 2013-2014 : Conception d'une balise de surveillance de l'exposition des populations aux contaminants des environnements intérieurs. Rukshala ANTON.
- 2011-2012 : Optimisation et valorisation d'un microsystème dédié à la détection de développements fongiques dans les espaces clos. Yaël JOBLIN.

ANNEXE 2 : BREVETS

1. Procédé de régulation et de contrôle du niveau de confinement de l'air intérieur, dispositif et station d'ambiance associes. J. Ribéron, O Ramalho. N° FR 1256327, 2 juillet 2012.
2. Procédé d'analyse et de synthèse de bruit de moteur, son utilisation et système associé : WO2012143659 A1 (2012)
3. Elément de construction à faible transmission sonore. G. Jacqus, V. Gibiat, P. Jean, M. Villot brevet n° 2973406-A1, 5 Octobre 2012.
4. Procédé de détermination d'une empreinte chimique spécifique de la production de mycotoxines. Moularat S, Robine E (2011). 1157992, B52424/FR.
5. Elaboration d'une empreinte de contamination aspergillaire basée sur la détection de COVm. Moularat S, Robine E (2011). B52481/FR.
6. Développement d'un microsystème de détection. Moularat S, Joblin Y, Robine E (2011). 11 04126, B52433/FR.
7. Procédé de régulation et de contrôle du confinement de l'air intérieur ». J. Ribéron, S Kirchner. N° FR 09 52971, 05 mai 2009.
8. Système électroacoustique pour une salle de spectacle. Devallez Delphine; Schmich Isabelle FR 2967861 (A1) « » 2012-05-25
9. Système de correction de spectre destine notamment a une salle de spectacle. Devallez Delphine; Schmich Isabelle, FR 2967848 (A1) « » 2012-05-25.
10. Dispositif électroacoustique destiné notamment à une salle de concert. Maillard Julien ; Rougier Christophe ; Schmich Isabelle, FR 2944374 (A1) 2010-10-15, FR 2944375 (A1) 2010-10-15, EP 2417775 (A1) 2012-02-15, WO 2010115972 (A1) 2010-10-14.

SIÈGE SOCIAL
84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

