

Qualité de l'air intérieur de bâtiments d'habitation performants en énergie

Mickaël Derbez, Observatoire de la qualité de l'air intérieur /
Centre Scientifique et Technique du Bâtiment



Qualité de l'air intérieur de bâtiments d'habitation performants en énergie

1. Programme « Bâtiments performants en énergie »
2. Flux des données collectées et validation
3. Exploitation des données de la base nationale de référence
4. Conclusions et perspectives

Qualité de l'air intérieur de bâtiments d'habitation performants en énergie

- 1. Programme « Bâtiments performants en énergie »**
2. Flux des données collectées et validation
3. Exploitation des données de la base nationale de référence
4. Conclusions et perspectives

1 – Présentation du Programme « Bâtiments performants en énergie »

A. Objectifs

Dresser un état des situations rencontrées dans les bâtiments performants en énergie, neufs ou rénovés, à usage d'habitation, d'enseignement ou de bureau :

- Fonctionnement et usage des bâtiments, des équipements et des systèmes
- Qualité de l'air intérieur (QAI)
- Confort thermique, visuel et acoustique

Identifier les éventuelles pistes d'amélioration pour la conception, la mise en œuvre et la gestion de ces bâtiments



1 – Présentation du Programme « Bâtiments performants en énergie »

B. Mise en œuvre

31 opérateurs volontaires* (AASQA, CEREMA, INERIS, BE, Université, Industriel, etc.) financés par ADEME, co-financeurs locaux et/ou fond propres

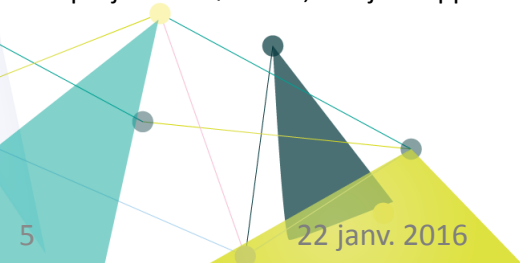
- Ont signé une charte de collaboration avec le CSTB
- Disposent du protocole harmonisé d'enquête
- Transmettent leurs données d'enquête à la base nationale de référence OQAI-BPE gérée et exploitée par l'OQAI

Près de 100 bâtiments ont été investigués depuis 2012 (majorité bâtiments démonstrateurs PREBAT à usage d'habitation)

Bâtiments sélectionnés sur la base du volontariat et par conséquent sans représentativité statistique de l'ensemble des bâtiments performants en énergie construits ou rénovés en France

* Air Breizh, Air Efficienc, Air Languedoc Roussillon, Air Lorraine, Air Normand, Air Rhône Alpes, Aldes¹, Allie'Air¹, ASPA, ATCHYS ventilation, ATMO Auvergne, Atmo Franche Comté, Atmo Poitou-Charentes, Atmo-Picardie, CEREMA Est, CEREMA Centre Est (Dpt Clermont-Ferrand), CEREMA Méditerranée, CEREMA Centre Est (Dpt labo Autun), CEREMA Centre Est (Lyon), CEREMA Centre Est (Bron)¹, CEREMA Nord Picardie¹, CEREMA Normandie Centre, CEREMA Ouest, CEREMA Sud-Ouest, Certifair, Communauté Agglomération Rouen, INERIS, Lig'air, Medieco¹, SGS Multilab¹, Univ. La Rochelle²

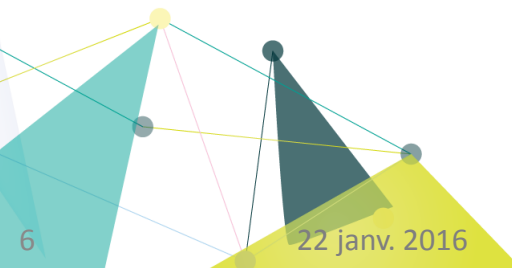
¹projet VIA-QUALITE, ²Projet Ruppela-Reha



1 – Présentation du Programme « Bâtiments performants en énergie »

C. Stratégie d'enquête

2 enquêtes d'une semaine chacune : chauffe / hors chauffe



1 – Présentation du Programme « Bâtiments performants en énergie »

C. Stratégie d'enquête

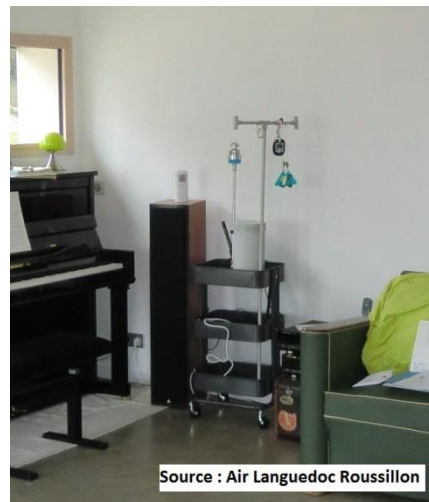
2 enquêtes d'une semaine chacune : chauffe / hors chauffe

Renseignement de questionnaires

- Description de l'environnement, du bâtiment, du logement, des systèmes, des équipements
- Occupation du logement, activités et usages des occupants, perception du confort

Réalisation de mesures dans 2 pièces : séjour et chambre

- Indicateurs de pollution : 16 composés organiques volatils, 3 aldéhydes, NO₂, CO, PM_{2,5}, radon, prélèvement de moisissures si présence
- Paramètres de confinement et de confort thermique : CO₂, température et humidité relative
- Paramètres de confort d'ambiance : niveau acoustique, niveau lumineux
- Mesures aérauliques : Débit d'air / différence de pression aux bouches des systèmes de ventilation mécanique



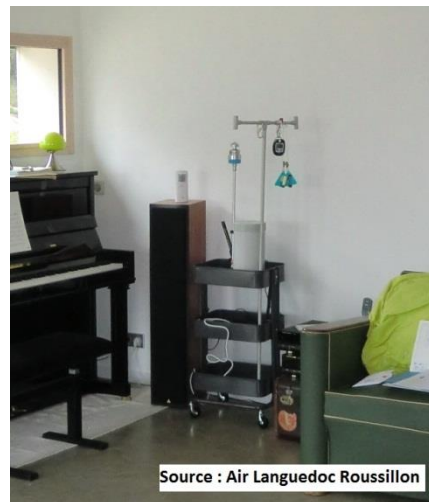
1 – Présentation du Programme « Bâtiments performants en énergie »

C. Stratégie d'enquête

2 enquêtes d'une semaine chacune : chauffe / hors chauffe

Renseignement de questionnaires

- Description de l'environnement, du bâtiment, du logement, des systèmes, des équipements
- Occupation du logement, activités et usages des occupants, perception du confort



Réalisation de mesures dans 2 pièces : séjour et chambre

- Indicateurs de pollution : 16 composés organiques volatils, 3 aldéhydes, NO₂, CO, PM_{2,5}, radon, prélèvement de moisissures si présence
- Paramètres de confinement et de confort thermique : CO₂, température et humidité relative
- Paramètres de confort d'ambiance : niveau acoustique, niveau lumineux
- Mesures aérauliques : Débit d'air / différence de pression aux bouches des systèmes de ventilation mécanique

Réalisation de mesures à l'extérieur

- 16 composés organiques volatils, NO₂, PM_{2,5}, température, niveau sonore

Qualité de l'air intérieur de bâtiments d'habitation performants en énergie

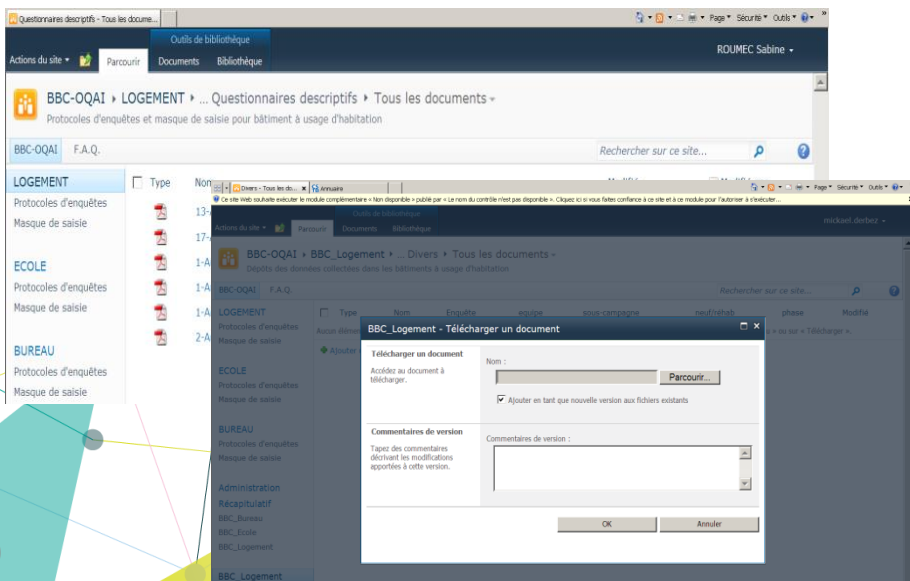
1. Programme « Bâtiments performants en énergie »
- 2. Flux des données collectées et validation**
3. Exploitation des données de la base nationale de référence
4. Conclusions et perspectives

2 – Flux des données collectées et validation

A. Transmission et insertion des données d'enquêtes dans la base nationale

Transmission des données d'enquête via le site Extranet dédié au projet

- masques de saisie (format excel) « mesures » et « questionnaires » complétés
- fichiers de mesures des paramètres mesurés en continu (format excel)
- Documents : plans, photos, chromatogrammes



2 – Flux des données collectées et validation

A. Transmission et insertion des données d'enquêtes dans la base nationale

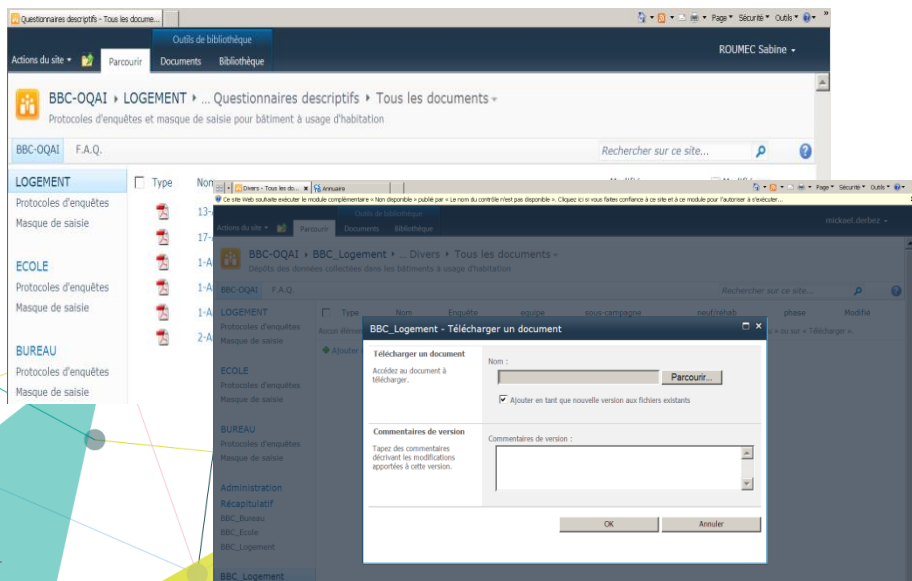
Transmission des données d'enquête via le site Extranet dédié au projet

- masques de saisie (format excel) « mesures » et « questionnaires » complétés
- fichiers de mesures des paramètres mesurés en continu (format excel)
- Documents : plans, photos, chromatogrammes



Contrôle manuel des données transmises

- Vérifier la présence de l'intégralité des masques de saisie, des fichiers de mesures et des documents
- En cas d'éléments manquants, les opérateurs sont contactés



2 – Flux des données collectées et validation

A. Transmission et insertion des données d'enquêtes dans la base nationale

Transmission des données d'enquête via le site Extranet dédié au projet

- masques de saisie (format excel) « mesures » et « questionnaires » complétés
- fichiers de mesures des paramètres mesurés en continu (format excel)
- Documents : plans, photos, chromatogrammes



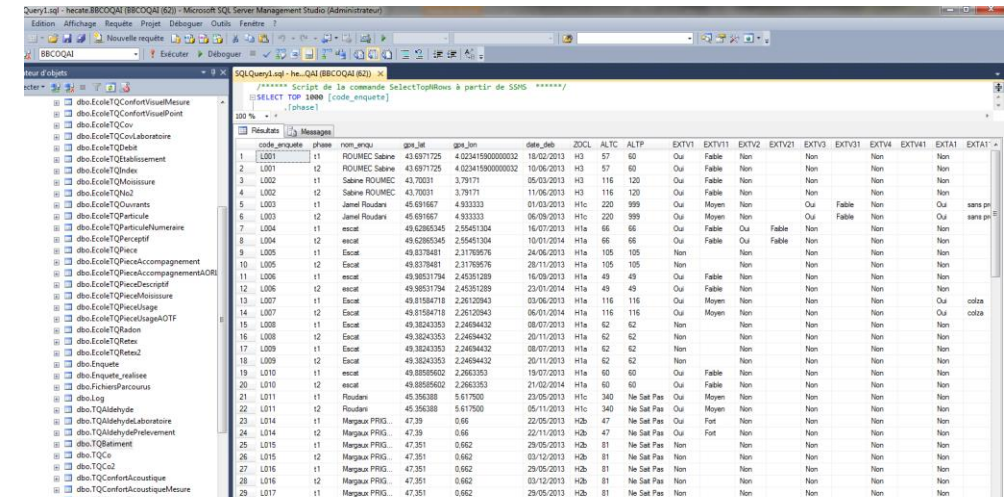
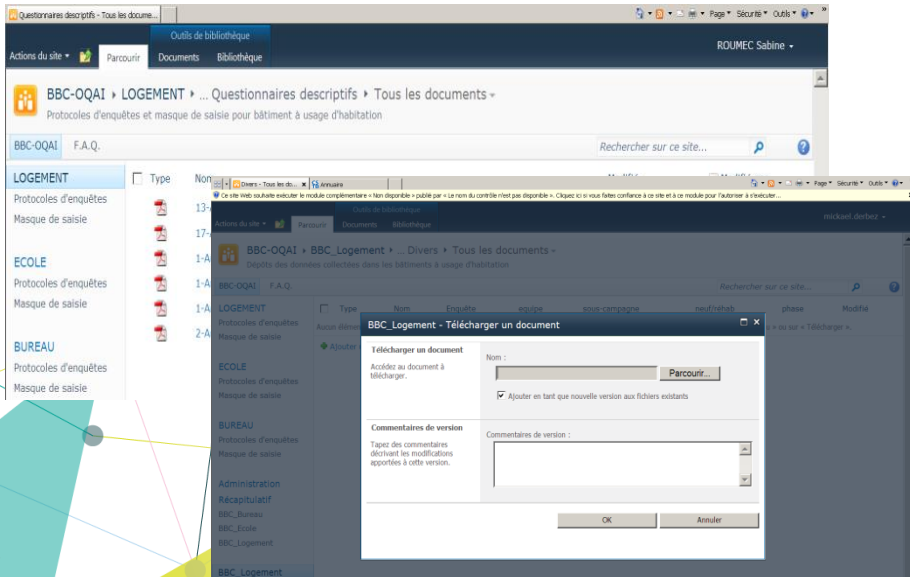
Contrôle manuel des données transmises

- Vérifier la présence de l'intégralité des masques de saisie, des fichiers de mesures et des documents
- En cas d'éléments manquants, les opérateurs sont contactés



Insertion automatique des données transmises dans la base de données (SQL)

- Utilisation d'un outil (C+) d'extraction et de structuration de données sous la forme de tables
- Opérateurs sont contactés si pb d'insertion des données (compléments ou modifications)
- Opérateurs informés de l'insertion de leurs données



2 – Flux des données collectées et validation

B. Validation des données

Elaboration de règles de validation

- Définies par la combinaison de plusieurs critères de validation :
 - issus des protocoles de mesures ou de prélèvement pour les paramètres de QAI, de confort et les mesures aérauliques
 - élaborés à posteriori pour chaque questionnaire (intra-questionnaire) et par croisement de plusieurs questionnaires (validation inter-questionnaire)
- Dérogations exceptionnelles de certains critères de validation :
 - Dérogation jugée sans conséquence sur la validité des données
 - Dérogation se traduisant par l'assouplissement du critère ou bien par sa suppression



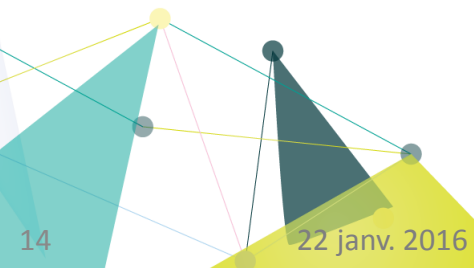
2 – Flux des données collectées et validation

B. Validation des données

Elaboration de règles de validation

- Définies par la combinaison de plusieurs critères de validation :
 - issus des protocoles de mesures ou de prélèvement pour les paramètres de QAI, de confort et les mesures aérauliques
 - élaborés à posteriori pour chaque questionnaire (intra-questionnaire) et par croisement de plusieurs questionnaires (validation inter-questionnaire)
- Dérogations exceptionnelles de certains critères de validation :
 - Dérogation jugée sans conséquence sur la validité des données
 - Dérogation se traduisant par l'assouplissement du critère ou bien par sa suppression

Programmation des règles de validation sous SAS



2 – Flux des données collectées et validation

B. Validation des données

Elaboration de règles de validation

- Définies par la combinaison de plusieurs critères de validation :
 - issus des protocoles de mesures ou de prélèvement pour les paramètres de QAI, de confort et les mesures aérauliques
 - élaborés à postériori pour chaque questionnaire (intra-questionnaire) et par croisement de plusieurs questionnaires (validation inter-questionnaire)
- Dérogations exceptionnelles de certains critères de validation :
 - Dérogation jugée sans conséquence sur la validité des données
 - Dérogation se traduisant par l'assouplissement du critère ou bien par sa suppression

Programmation des règles de validation sous SAS

Application de la procédure de validation sur les tables de la base de données

- Attribution du statut « Valide » si donnée satisfait aux critères de validation (intégralité ou une partie si dérogations exceptionnelles)
- Attribution du statut « Vide » si au moins un critère de validation n'est pas respecté
 - Autocorrection de ou des variables (sans contacter l'opérateur) : attribution du statut de valide « Valide »
 - Prise de contact de l'opérateur et corrections de ou des variables : attribution du statut de valide « Valide »
 - Invalidation de la donnée si malgré la prise de contact de l'opérateur, aucune action corrective ne peut être apportée.

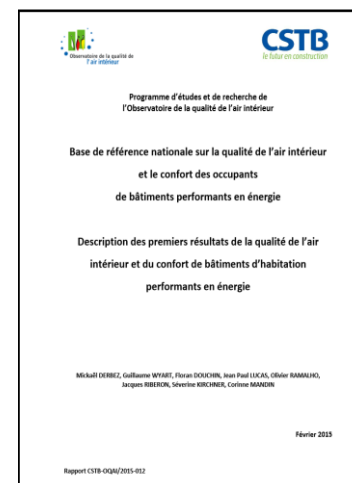
Qualité de l'air intérieur de bâtiments d'habitation performants en énergie

1. Programme « Bâtiments performants en énergie »
2. Flux des données collectées et validation
- 3. Exploitation des données de la base nationale de référence**
4. Conclusions et perspectives

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

A. Préambule

Bâtiments à usage d'habitation (90% des bâtiments investigués)



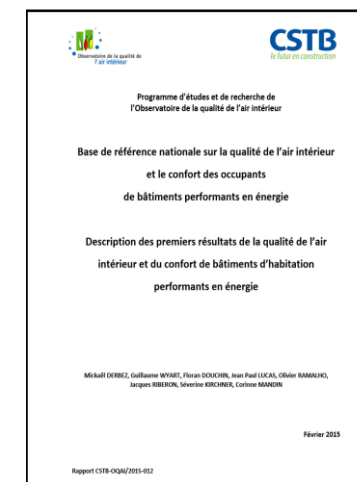
3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

A. Préambule

Bâtiments à usage d'habitation (90% des bâtiments investigués)

Exploitation régulière des données

- 1^{ère} exploitation réalisée à partir des données d'enquête insérées en base de données à la date du mois de mai 2014 puis validées :
 - Description des premiers résultats de la QAI et du confort de 16 bâtiments à usage d'habitation (32 logements enquêtés)
 - Rapport téléchargeable sur le site internet de l'OQAI (http://www.oqai.fr/userdata/documents/493_OQAI_BPE_2015_1er_Etat_QAI_Confort_Web.pdf)



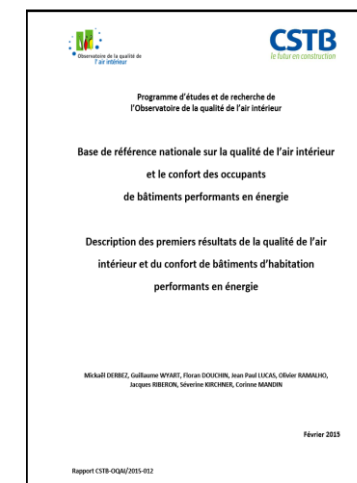
3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

A. Préambule

Bâtiments à usage d'habitation (90% des bâtiments investigués)

Exploitation régulière des données

- 1^{ère} exploitation réalisée à partir des données d'enquête insérées en base de données à la date du mois de mai 2014 puis validées :
 - Description des premiers résultats de la QAI et du confort de 16 bâtiments à usage d'habitation (32 logements enquêtés)
 - Rapport téléchargeable sur le site internet de l'OQAI (http://www.oqai.fr/userdata/documents/493_OQAI_BPE_2015_1er_Etat_QAI_Confort_Web.pdf)
- 2^{ème} exploitation réalisée à partir des données d'enquête insérées en base de données à la date du mois de mai 2015 puis validées :
 - Etat descriptif des bâtiments, des logements et de leurs occupants
 - Mise à jour de la qualité de l'environnement intérieur (QEI) des logements
 - Etude approfondie des liens entre indicateurs de QEI et caractéristiques des bâtiments, des systèmes et des occupants



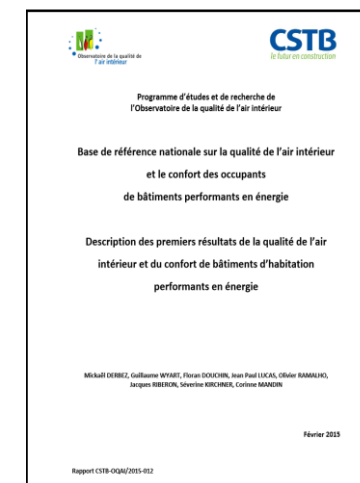
3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

A. Préambule

Bâtiments à usage d'habitation (90% des bâtiments investigués)

Exploitation régulière des données

- 1^{ère} exploitation réalisée à partir des données d'enquête insérées en base de données à la date du mois de mai 2014 puis validées :
 - Description des premiers résultats de la QAI et du confort de 16 bâtiments à usage d'habitation (32 logements enquêtés)
 - Rapport téléchargeable sur le site internet de l'OQAI (http://www.oqai.fr/userdata/documents/493_OQAI_BPE_2015_1er_Etat_QAI_Confort_Web.pdf)
- 2^{ème} exploitation réalisée à partir des données d'enquête insérées en base de données à la date du mois de mai 2015 puis validées :
 - **Etat descriptif des bâtiments, des logements et de leurs occupants**
 - **Mise à jour de la qualité de l'environnement intérieur (QEI) des logements**
 - Etude approfondie des liens entre indicateurs de QEI et caractéristiques des bâtiments, des systèmes et des occupants



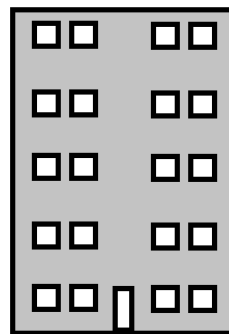
3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

B. Caractéristiques des bâtiments et des logements

43 bâtiments



Maison individuelle (MI)



Immeuble collectif (IC)

Nombre de bâtiments	17	26
Catégorie de bâtiments	16 récentes (RT2005) 1 rénovée (RT existant)	12 récents (RT2005) 14 rénovés (RT existant)
Environnement proche (% à proximité de...)	66% : voie de trafic routier (intensité faible pour MI, moyenne pour IC) 33% : chantier de construction/démolition	
	33% : activité agricole	33% : installation combustion ou activités industrielles
Type de façades et d'isolation thermique (en majorité)	légères (bois), isolation pour ossature bois	porteuses (béton), isolation extérieure
Cep moyenne conventionnelle en kWhep/m ² SHON.an	45	62
Perméabilité à l'air moyenne mesurée in situ en m ³ /(h.m ²) à 4 Pa	0,54	0,86

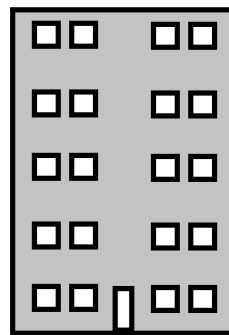
3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

B. Caractéristiques des bâtiments et des logements

43 bâtiments

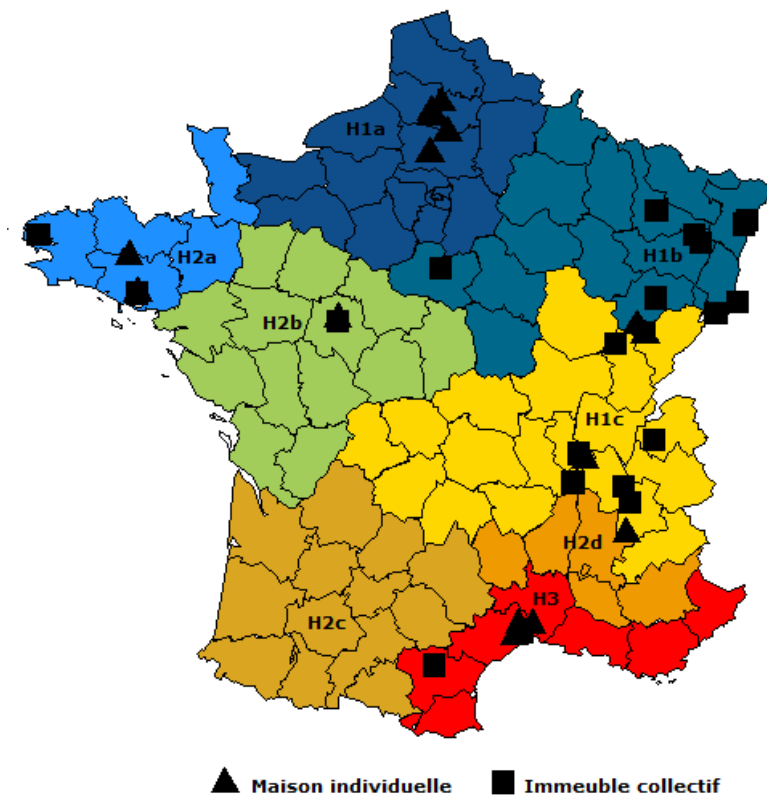


Maison individuelle (MI)



Immeuble collectif (IC)

Localisation des bâtiments enquêtés par zone climatique



Nombre de bâtiments	17	26
Catégorie de bâtiments	16 récentes (RT2005) 1 rénovée (RT existant)	12 récents (RT2005) 14 rénovés (RT existant)
Environnement proche (% à proximité de...)	66% : voie de trafic routier (intensité faible pour MI, moyenne pour IC)	
	33% : chantier de construction/démolition	33% : installation combustion ou activités industrielles
Type de façades et d'isolation thermique (en majorité)	légères (bois), isolation pour ossature bois	porteuses (béton), isolation extérieure
Cep moyenne conventionnelle en kWhep/m ² SHON.an	45	62
Perméabilité à l'air moyenne mesurée in situ en m ³ /(h.m ²) à 4 Pa	0,54	0,86

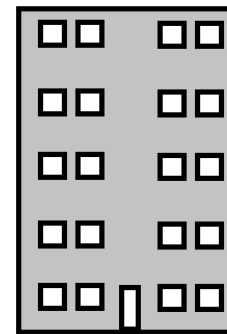
3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

B. Caractéristiques des bâtiments et des logements

72 logements enquêtés



Maison individuelle (MI)



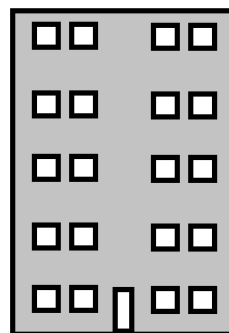
Immeuble collectif (IC)

Nombre de logements	17	55
Catégorie de logements	16 récents (RT2005) 1 rénové (RT existant)	28 récents (RT2005) 27 rénovés (RT existant)
Type et surface moyenne (m ²)	T3 à T6 (130)	T2 à T4 (70)
Système de chauffage (émetteurs de chaleur)	Poêle à bois ou PAC (radiateurs)	Chaudière ou réseau de chaleur (radiateurs)
Système de ventilation	2/3 VMC double flux 1/3 VMC simple flux	1/2 VMC double flux 1/3 VMC simple flux 1/6 VN (hydride)
Menuiseries, vitrages et protections solaires	Menuiseries équipées de double vitrage et de protections solaires extérieures (volets roulants)	
Statut d'occupation et composition du ménage	Propriétaire Couple avec 2 enfants ou plus	Locataire (91% logts sociaux) Personnes seules / couples sans enfants/ familles monoparentales

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

B. Caractéristiques des bâtiments et des logements

Spécificités de l'échantillon de l'étude selon le type d'habitat

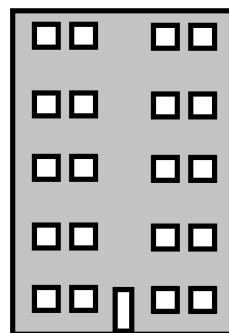


	Maison individuelle (MI)	Immeuble collectif (IC)
Bâtiment et systèmes	Majoritairement récentes, construites en ossature bois, chauffées au bois ou avec PAC	Façades porteuses en béton, isolation extérieure, chauffés par chaudière ou réseau de chaleur
Surface moyenne du logement (en m ²)	130	70
Statut d'occupation	Propriétaire	Locataire (principalement logement social)
Composition du ménage	couples avec 2 enfants et plus	personnes seules, couples sans enfants/ familles monoparentales

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

B. Caractéristiques des bâtiments et des logements

Spécificités de l'échantillon de l'étude selon le type d'habitat



	Maison individuelle (MI)	Immeuble collectif (IC)
Bâtiment et systèmes	Majoritairement récentes, construites en ossature bois, chauffées au bois ou avec PAC	Façades porteuses en béton, isolation extérieure, chauffés par chaudière ou réseau de chaleur
Surface moyenne du logement (en m ²)	130	70
Statut d'occupation	Propriétaire	Locataire (principalement logement social)
Composition du ménage	couples avec 2 enfants et plus	personnes seules, couples sans enfants/ familles monoparentales

Comparaison de l'échantillon de l'étude avec les caractéristiques des 2950 bâtiments PREBAT (Ademe, 2013)

	Similitude	Spécificité de l'échantillon
MI récente	<ul style="list-style-type: none"> Cep Perméabilité Chauffage : poêle à bois et PAC 	<ul style="list-style-type: none"> Façade : Prédominance ossature bois, absence Monomur Ventilation : Prédominance VMC DF
IC récent	<ul style="list-style-type: none"> Cep Perméabilité Façade : Béton, ossature bois et monomur Ventilation : prédominance VMC SF 	<ul style="list-style-type: none"> Chauffage : présence réseau de chaleur
IC rénové	<ul style="list-style-type: none"> Cep Façade : béton Chauffage : chaudière condensation et réseau de chaleur 	<ul style="list-style-type: none"> Ventilation : prédominance VMC DF et présence VN hybride

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

C. Comparaison des mesures de QAI avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Concentrations en CO₂ (chambre)

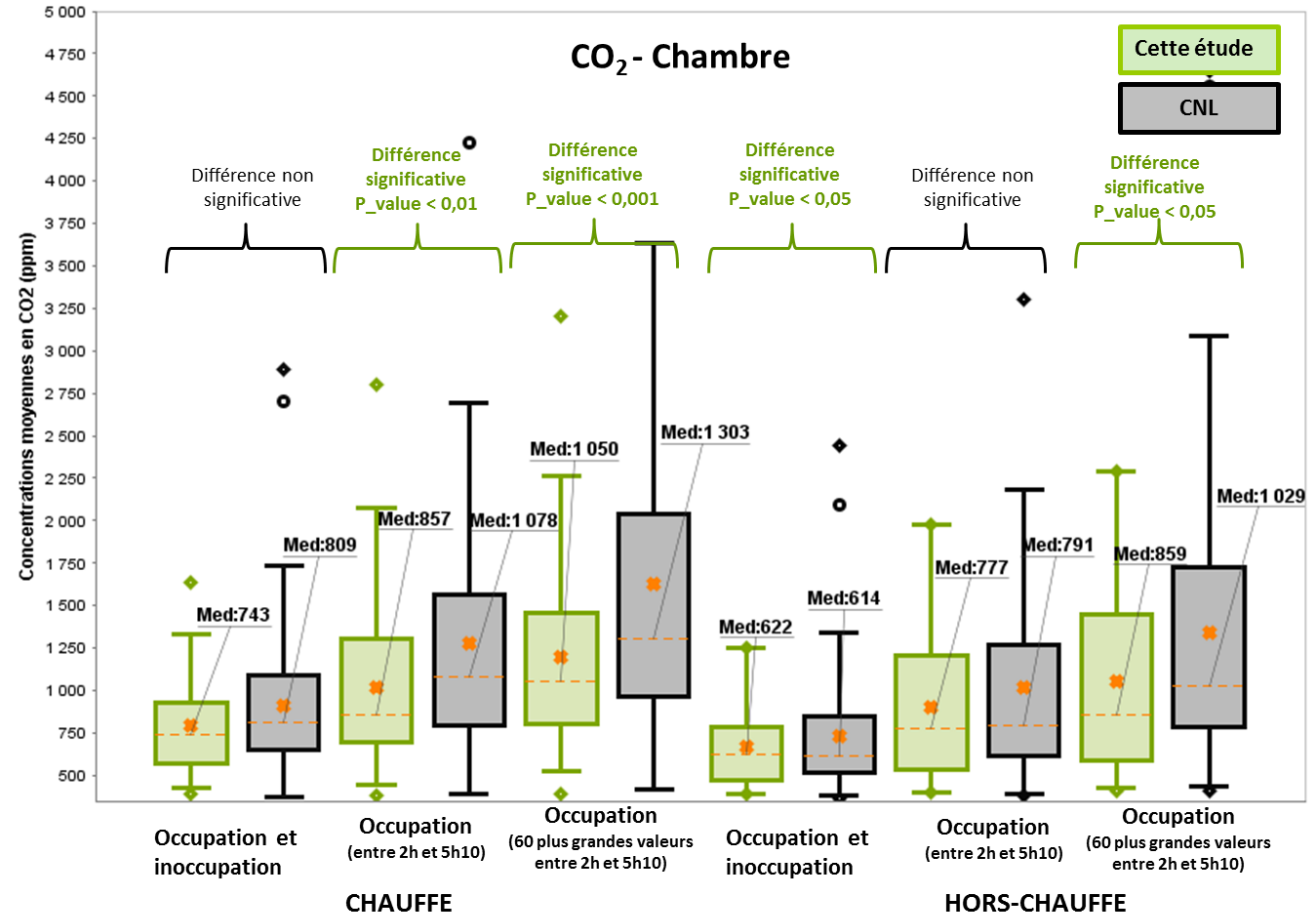
- Valeurs mesurées sur la semaine sans discriminer l'occupation de l'inoccupation
- Valeurs mesurées uniquement en occupation (entre 2 et 5h10)
 - Toutes les mesures
 - Les 60 plus grandes valeurs

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

C. Comparaison des mesures de QAI avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Concentrations en CO₂ (chambre)

- Valeurs mesurées sur la semaine sans discriminer l'occupation de l'inoccupation
- Valeurs mesurées uniquement en occupation (entre 2 et 5h10)
 - Toutes les mesures
 - Les 60 plus grandes valeurs



Distribution des valeurs de concentrations hebdomadaires du CO₂ (ppm) mesurées dans les chambres des logements de cette étude et dans celles de la campagne nationale Logements

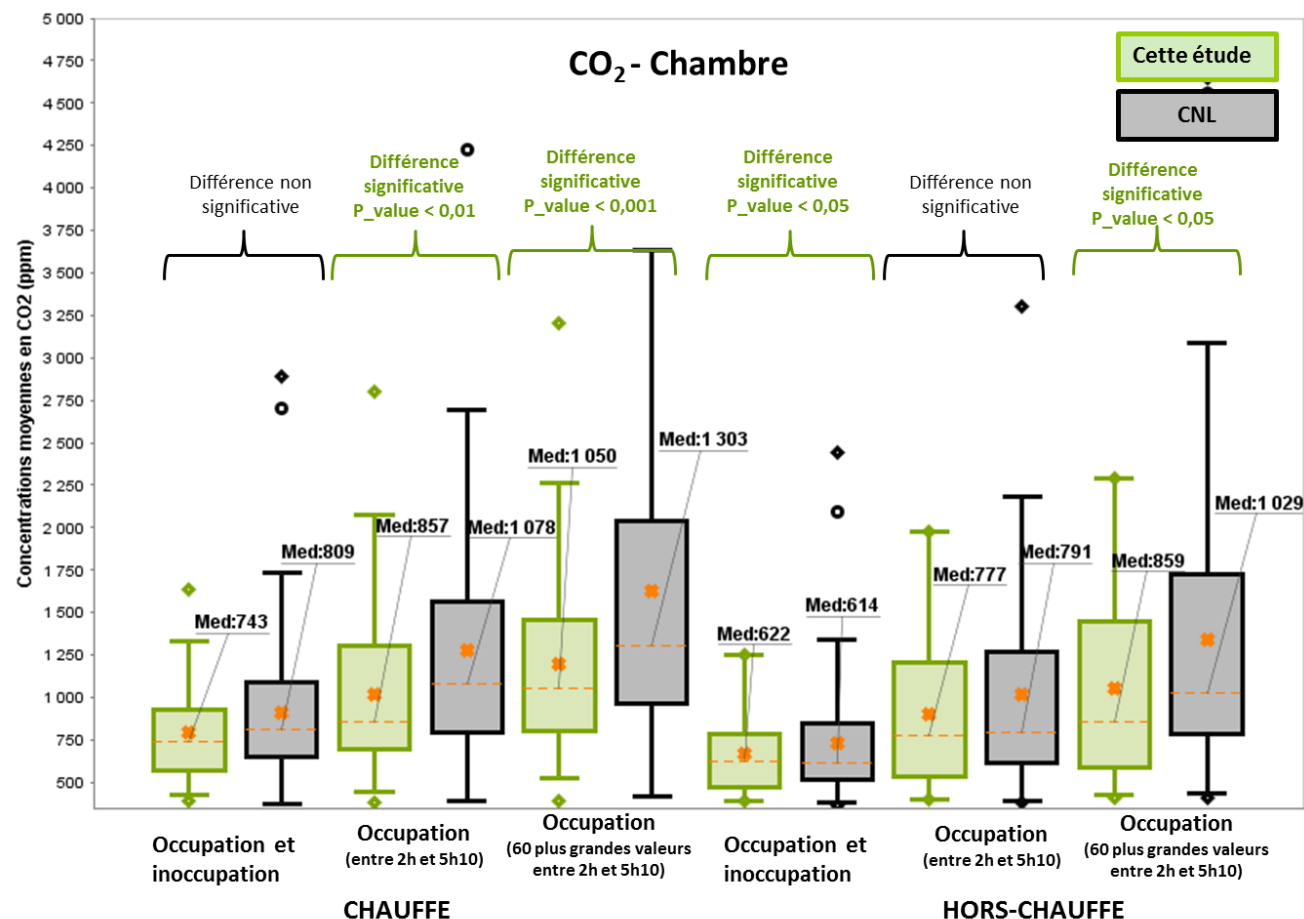
3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

C. Comparaison des mesures de QAI avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Concentrations en CO₂ (chambre)

- Valeurs mesurées sur la semaine sans discriminer l'occupation de l'inoccupation
- Valeurs mesurées uniquement en occupation (entre 2 et 5h10)
 - Toutes les mesures
 - Les 60 plus grandes valeurs

Les concentrations en CO₂ mesurées dans l'étude sont significativement inférieures ou égales à celles des logements français quelle que soit la période d'enquête



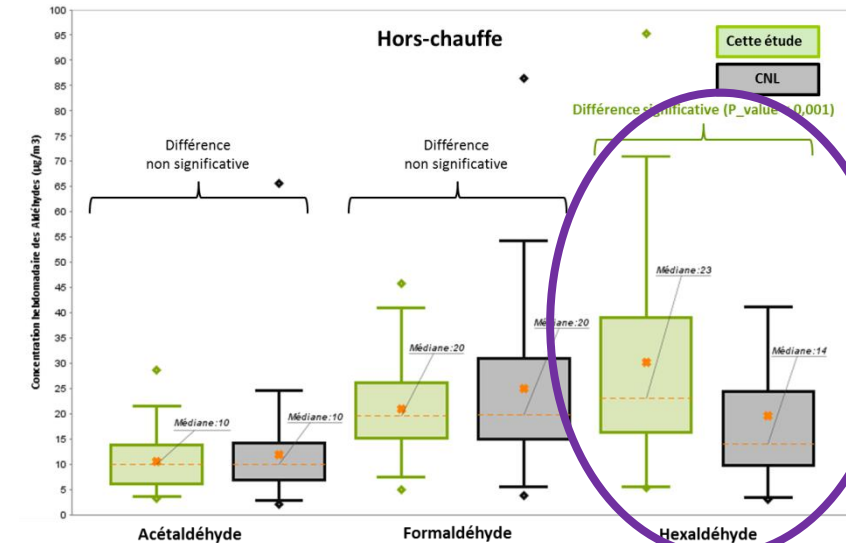
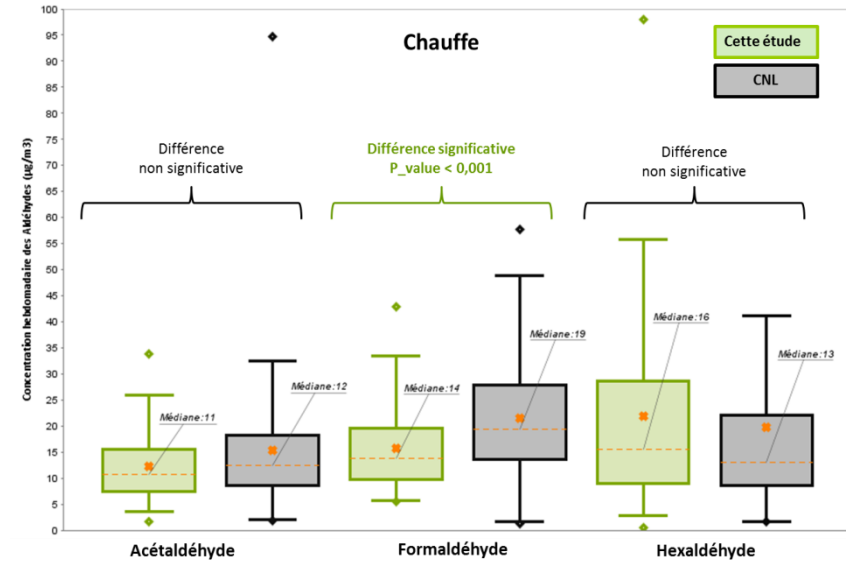
Distribution des valeurs de concentrations hebdomadaires du CO₂ (ppm) mesurées dans les chambres des logements de cette étude et dans celles de la campagne nationale Logements

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

C. Comparaison des mesures de QAI avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Concentrations en aldéhydes (chambre)

- Les concentrations en hexaldéhyde sont supérieures à celles des deux autres aldéhydes
- Sources potentielles d'hexaldéhyde : panneaux de bois brut, panneaux de particules, produit de traitement du bois (phase aqueuse), peintures en phase solvant, émissions des livres et magazines neufs



Distribution des valeurs de concentrations hebdomadaires des aldéhydes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans les chambres des logements de cette étude et dans celles de la campagne nationale Logements

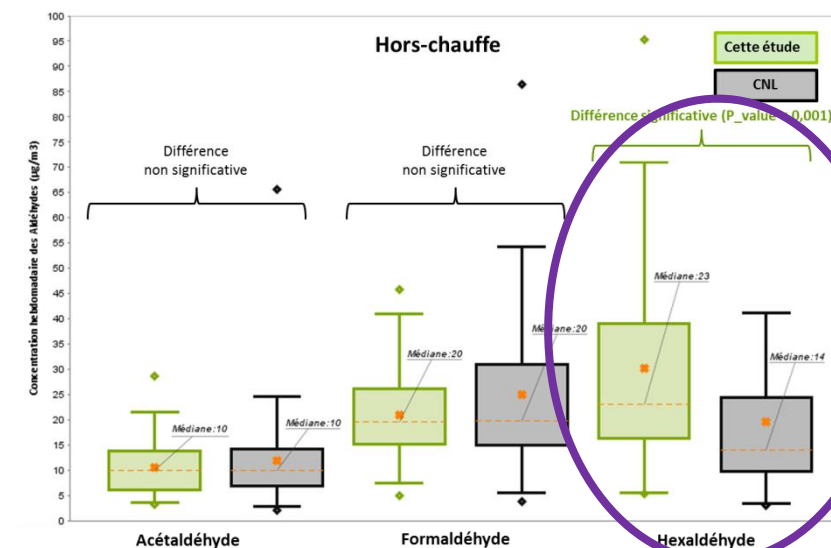
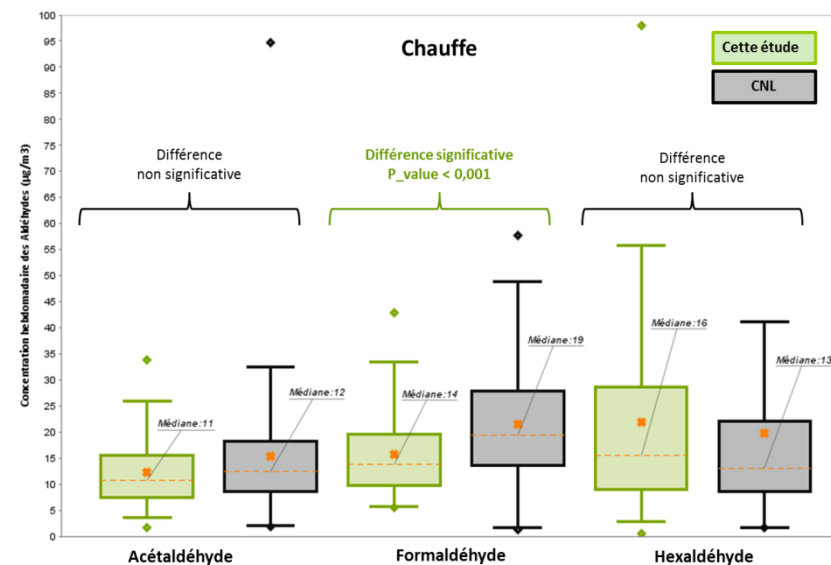
3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

C. Comparaison des mesures de QAI avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Concentrations en aldéhydes (chambre)

- Les concentrations en hexaldéhyde sont supérieures à celles des deux autres aldéhydes
- Sources potentielles d'hexaldéhyde : panneaux de bois brut, panneaux de particules, produit de traitement du bois (phase aqueuse), peintures en phase solvant, émissions des livres et magazines neufs

Les concentrations en acétaldéhyde et en formaldéhyde sont significativement inférieures ou égales à celles des logements français quelle que soit la période d'enquête



Distribution des valeurs de concentrations hebdomadaires des aldéhydes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans les chambres des logements de cette étude et dans celles de la campagne nationale Logements

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

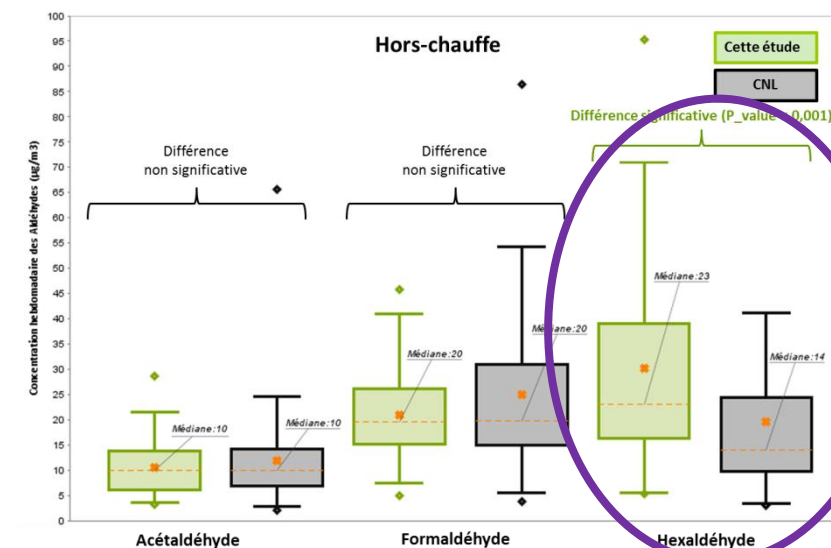
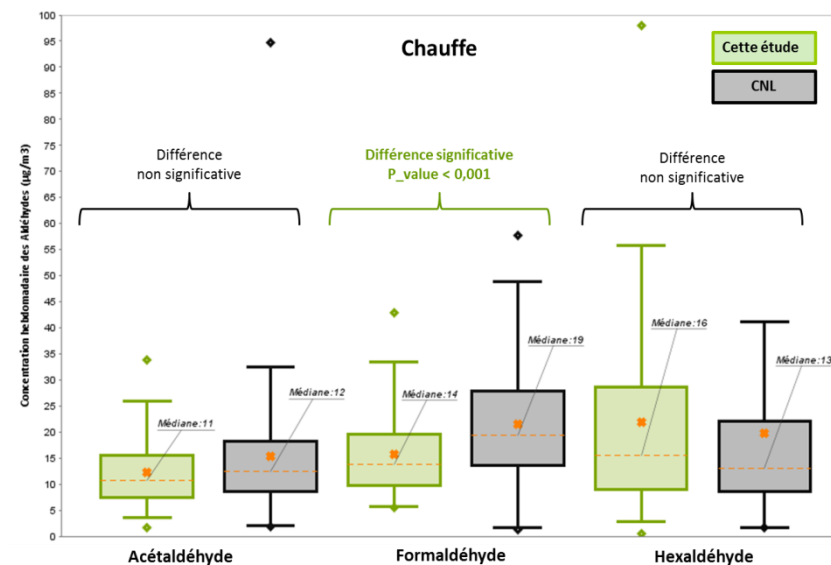
C. Comparaison des mesures de QAI avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Concentrations en aldéhydes (chambre)

- Les concentrations en hexaldéhyde sont supérieures à celles des deux autres aldéhydes
- Sources potentielles d'hexaldéhyde : panneaux de bois brut, panneaux de particules, produit de traitement du bois (phase aqueuse), peintures en phase solvant, émissions des livres et magazines neufs

Les concentrations en acétaldéhyde et en formaldéhyde sont significativement inférieures ou égales à celles des logements français quelle que soit la période d'enquête

Les concentrations en hexaldéhyde sont significatives supérieures à celles des logements français en période de hors-chauffe



Distribution des valeurs de concentrations hebdomadaires des aldéhydes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans les chambres des logements de cette étude et dans celles de la campagne nationale Logements

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

C. Comparaison des mesures de QAI avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Concentrations en COV (chambre)

- L'alpha-pinène et le limonène présentent les concentrations moyennes les plus élevées (57 et 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) par rapport aux autres COV ($< 6 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Sources potentielles d'alpha-pinène : composé naturel du bois, des plantes (résine, essence de térébenthine ou de pin), utilisé comme désodorisant, parfum d'intérieur, produit d'entretien
- Sources potentielles de limonène : composé naturel caractéristique des agrumes, utilisé dans les produits d'entretien

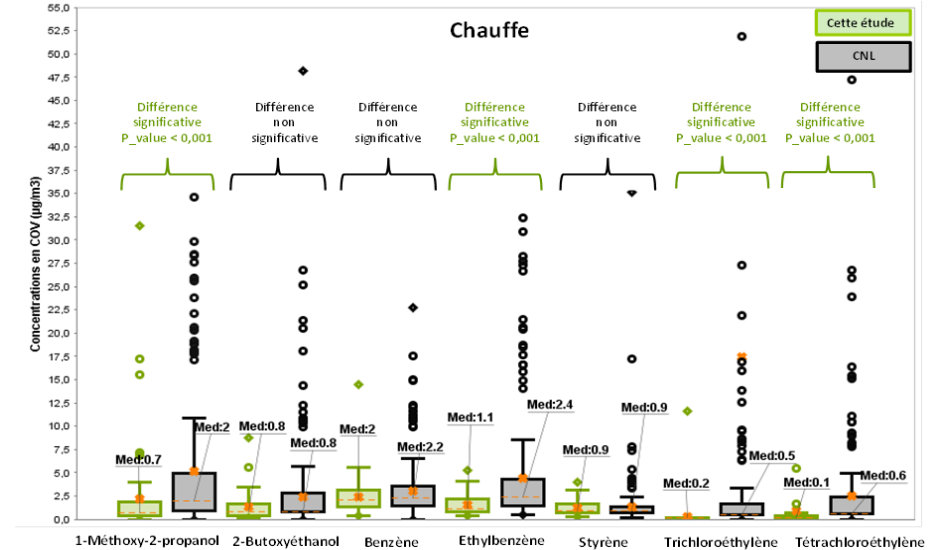
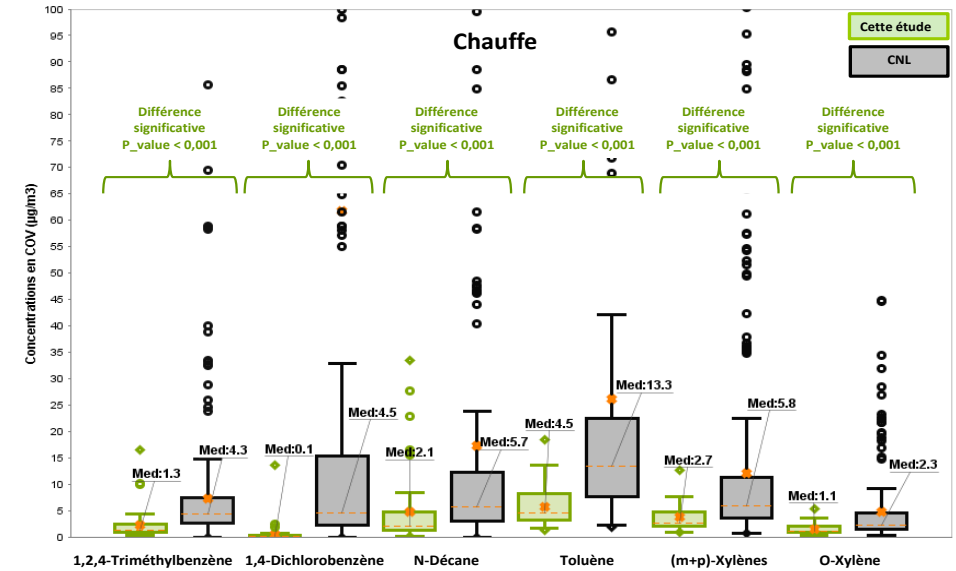
3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

C. Comparaison des mesures de QAI avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Concentrations en COV (chambre)

- L'alpha-pinène et le limonène présentent les concentrations moyennes les plus élevées (57 et 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) par rapport aux autres COV ($< 6 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Sources potentielles d'alpha-pinène : composé naturel du bois, des plantes (résine, essence de térébenthine ou de pin), utilisé comme désodorisant, parfum d'intérieur, produit d'entretien
- Sources potentielles de limonène : composé naturel caractéristique des agrumes, utilisé dans les produits d'entretien

Les concentrations des 13 COV (hors alpha-pinène et limonène) sont significativement inférieures ou égales à celles des logements français quelle que soit la période d'enquête



Distribution des valeurs de concentrations hebdomadaires des COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans les chambres des logements de cette étude et dans celles de la campagne nationale Logements

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

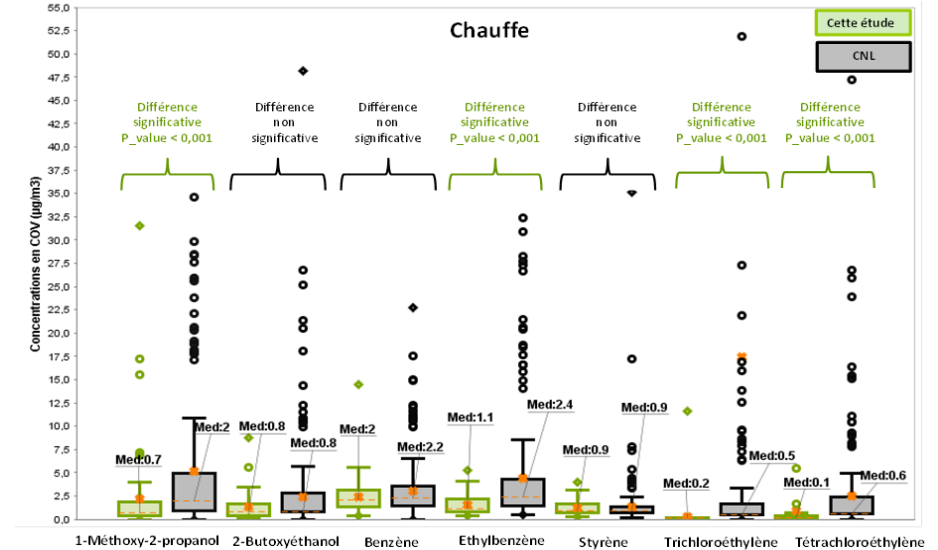
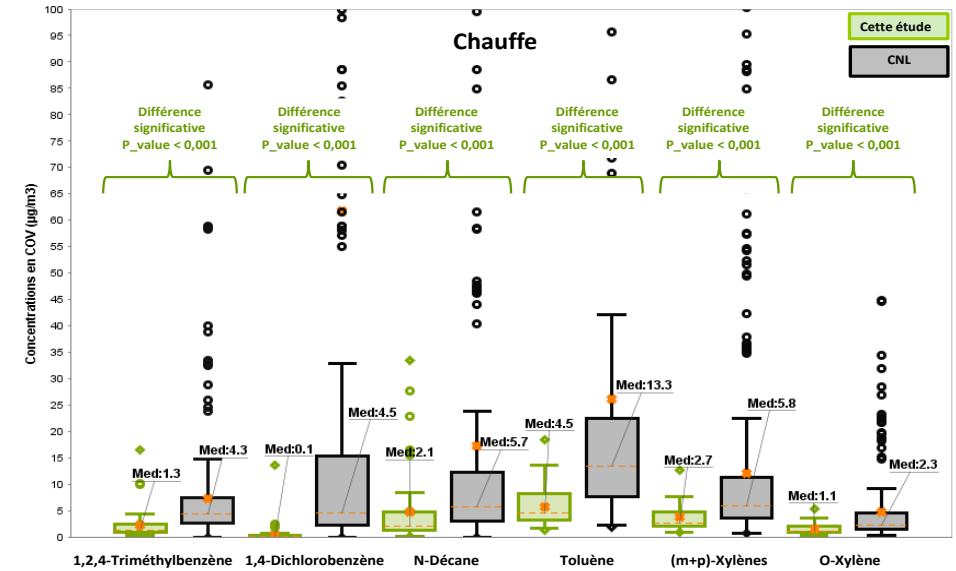
C. Comparaison des mesures de QAI avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Concentrations en COV (chambre)

- L'alpha-pinène et le limonène présentent les concentrations moyennes les plus élevées (57 et 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) par rapport aux autres COV ($< 6 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Sources potentielles d'alpha-pinène : composé naturel du bois, des plantes (résine, essence de térébenthine ou de pin), utilisé comme désodorisant, parfum d'intérieur, produit d'entretien
- Sources potentielles de limonène : composé naturel caractéristique des agrumes, utilisé dans les produits d'entretien

Les concentrations des 13 COV (hors alpha-pinène et limonène) sont significativement inférieures ou égales à celles des logements français quelle que soit la période d'enquête

Les concentrations en alpha-pinène et en limonène sont supérieures à celles des logements de l'étude pilote de la campagne nationale Logements

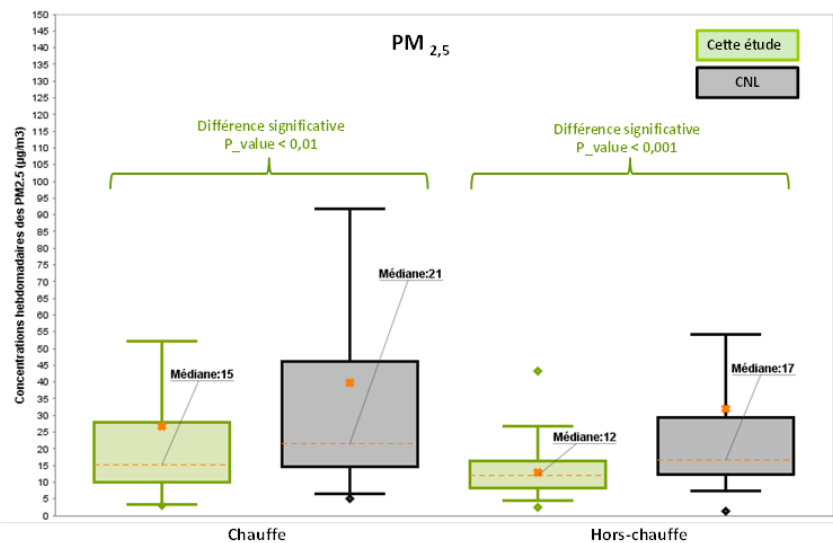


Distribution des valeurs de concentrations hebdomadaires des COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans les chambres des logements de cette étude et dans celles de la campagne nationale Logements

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

C. Comparaison des mesures de QAI avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Concentrations en $PM_{2,5}$ (séjour)



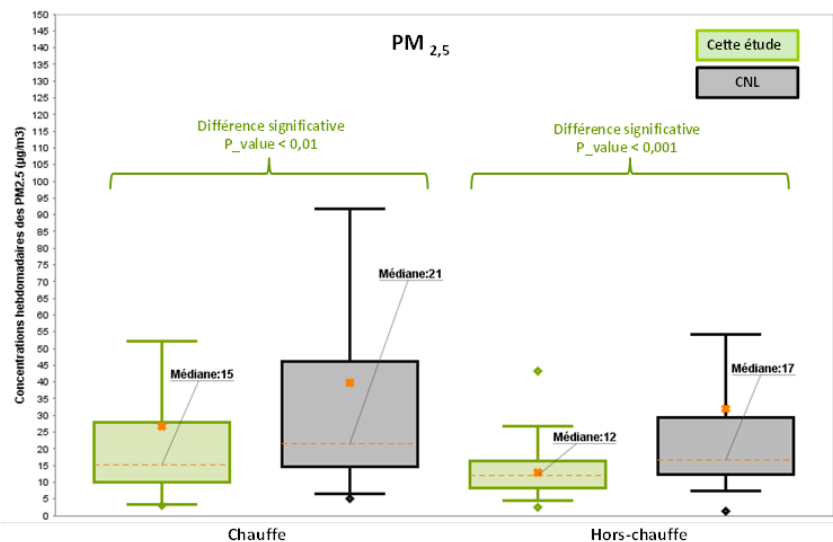
Distribution des valeurs de concentrations hebdomadaires des $PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans les séjours des logements de cette étude et dans celles de la campagne nationale Logements

Les concentrations des $PM_{2,5}$ sont significativement inférieures à celles des logements français quelle que soit la période d'enquête

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

C. Comparaison des mesures de QAI avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Concentrations en $PM_{2,5}$ (séjour)

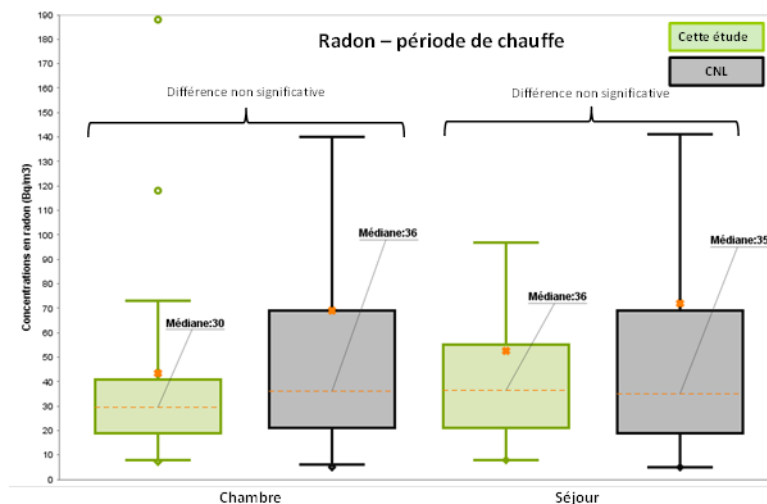


Distribution des valeurs de concentrations hebdomadaires des $PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans les séjours des logements de cette étude et dans celles de la campagne nationale Logements

Les concentrations des $PM_{2,5}$ sont significativement inférieures à celles des logements français quelle que soit la période d'enquête

Concentrations en radon (période de chauffe)

- mesures valides de 45 logements avec 9 situés en zone à risque radon « moyen ou élevé » et 36 en zone à risque radon « faible »
- mesure du radon quelque soit le niveau du logement (RDC, étage)



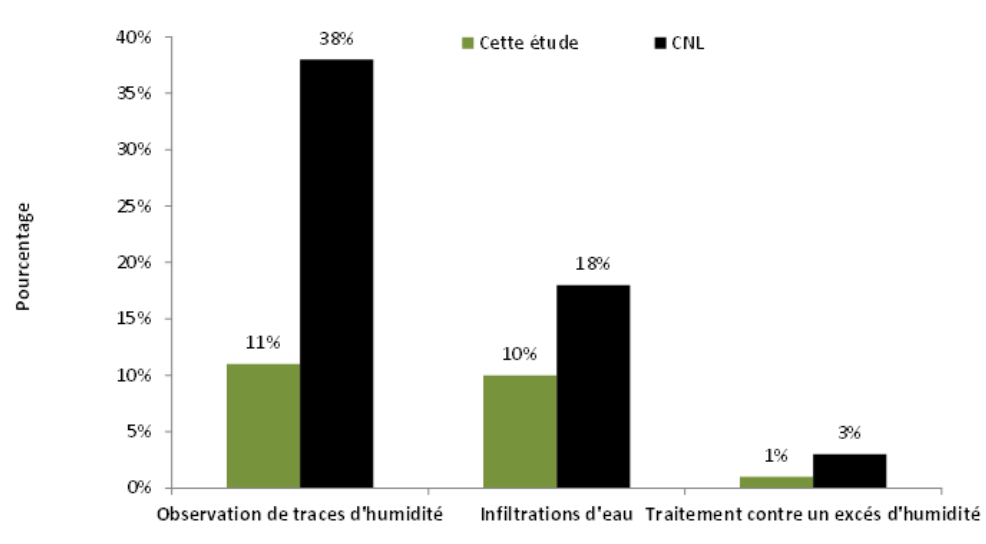
Distribution des valeurs de concentrations du radon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans les pièces des logements de cette étude en période de chauffe et dans celles de la campagne nationale Logements

Les concentrations du radon sont égales à celles des logements français quelle que soit la pièce de mesure

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

D. Humidité et contamination fongique dans les logements et comparaison avec les logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Problème d'humidité dans les logements



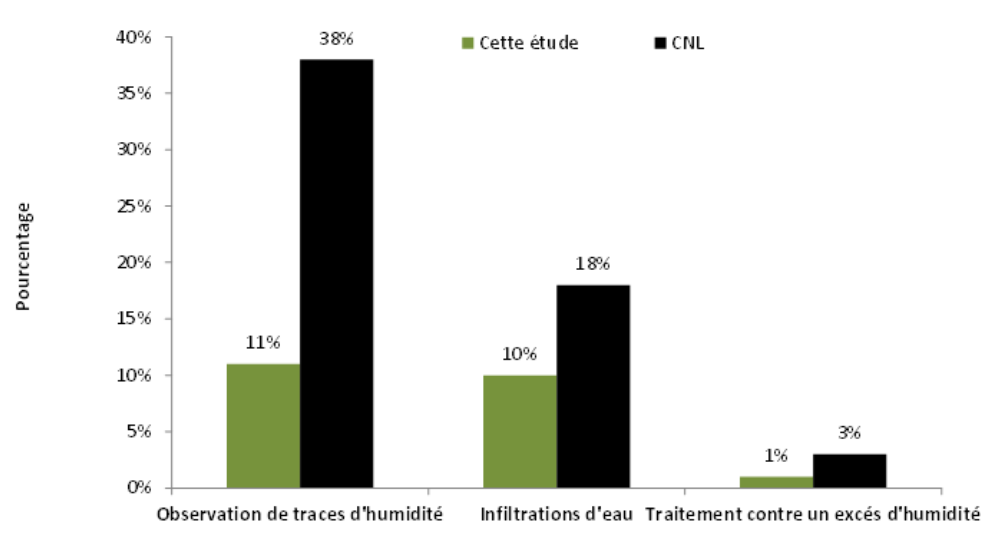
Comparaison du pourcentage des logements ayant subi des problèmes d'humidité ou ayant fait l'objet de traitement contre l'humidité dans les 12 derniers mois ou depuis l'emménagement des occupants entre cette étude et les logements de la campagne nationale Logements

Le pourcentage de logements ayant subi des problèmes d'humidité ou ayant été traité contre l'humidité est inférieur à celui des logements français

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

D. Humidité et contamination fongique dans les logements et comparaison avec les logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Problème d'humidité dans les logements



Comparaison du pourcentage des logements ayant subi des problèmes d'humidité ou ayant fait l'objet de traitement contre l'humidité dans les 12 derniers mois ou depuis l'emménagement des occupants entre cette étude et les logements de la campagne nationale Logements

Le pourcentage de logements ayant subi des problèmes d'humidité ou ayant été traité contre l'humidité est inférieur à celui des logements français

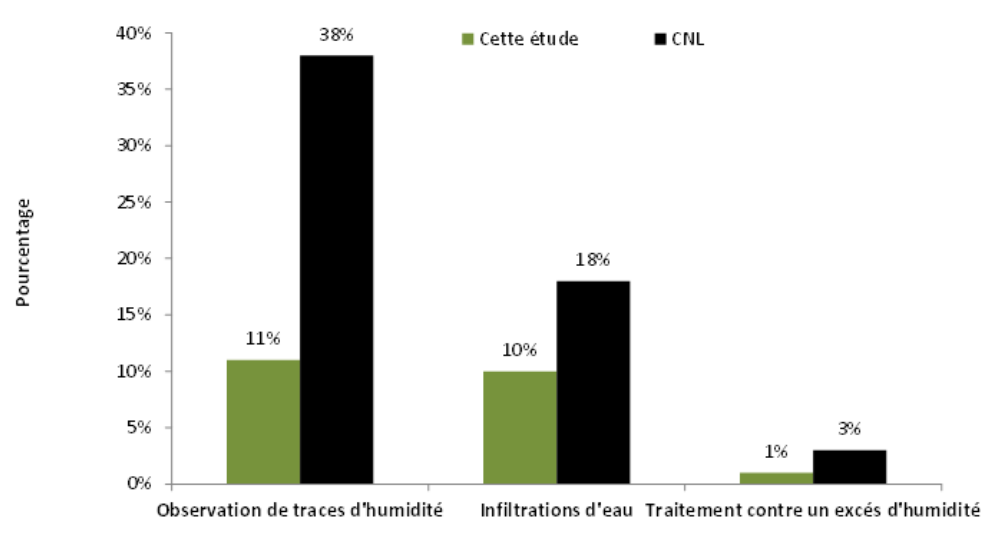
Présence d'un développement fongique actif dans les logements (moisissures visibles ou cachées)

- Indice de contamination fongique (ICF) calculé pour la dernière enquête de chaque logement à partir du chromatogramme du prélèvement COV du séjour

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

D. Humidité et contamination fongique dans les logements et comparaison avec les logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Problème d'humidité dans les logements

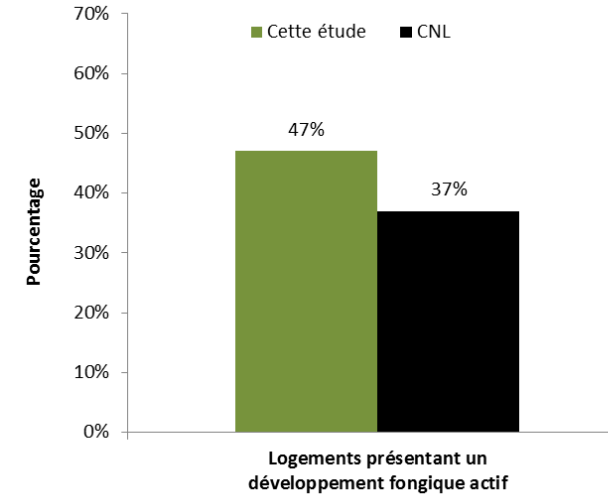


Comparaison du pourcentage des logements ayant subi des problèmes d'humidité ou ayant fait l'objet de traitement contre l'humidité dans les 12 derniers mois ou depuis l'emménagement des occupants entre cette étude et les logements de la campagne nationale Logements

Le pourcentage de logements ayant subi des problèmes d'humidité ou ayant été traité contre l'humidité est inférieur à celui des logements français

Présence d'un développement fongique actif dans les logements (moisissures visibles ou cachées)

- Indice de contamination fongique (ICF) calculé pour la dernière enquête de chaque logement à partir du chromatogramme du prélèvement COV du séjour



Comparaison du pourcentage de logements présentant un développement fongique actif (ICF positif) de cette étude et de celui de la campagne nationale Logements

Le pourcentage de logements présentant un développement actif de moisissures (visibles ou cachées) est supérieur à celui des logements français

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

E. Mesures de la température et comparaison avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Mesures de Température

- mesurées sur la semaine sans discriminer les périodes d'occupation et d'inoccupation

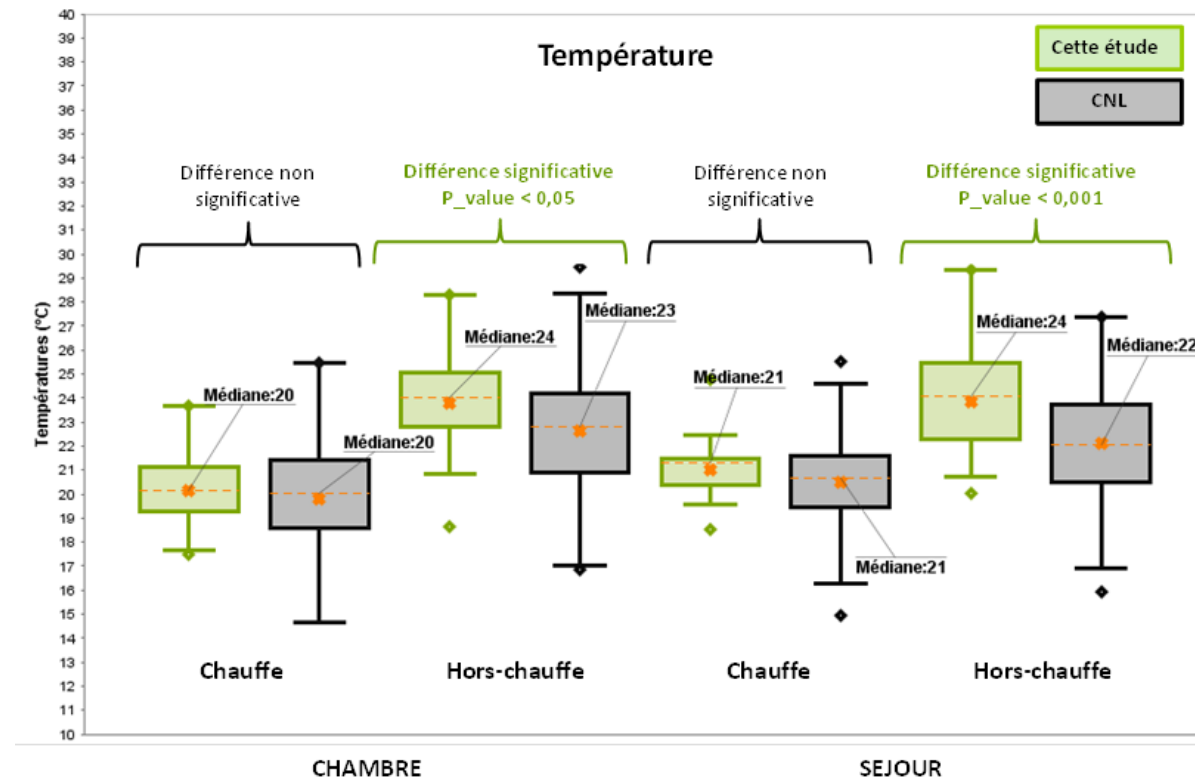
3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

E. Mesures de la température et comparaison avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Mesures de Température

- mesurées sur la semaine sans discriminer les périodes d'occupation et d'inoccupation

Les mesures de températures en période de chauffe sont égales à celles des logements français



Distribution des valeurs hebdomadaires de la température des logements de cette étude et des logements français

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

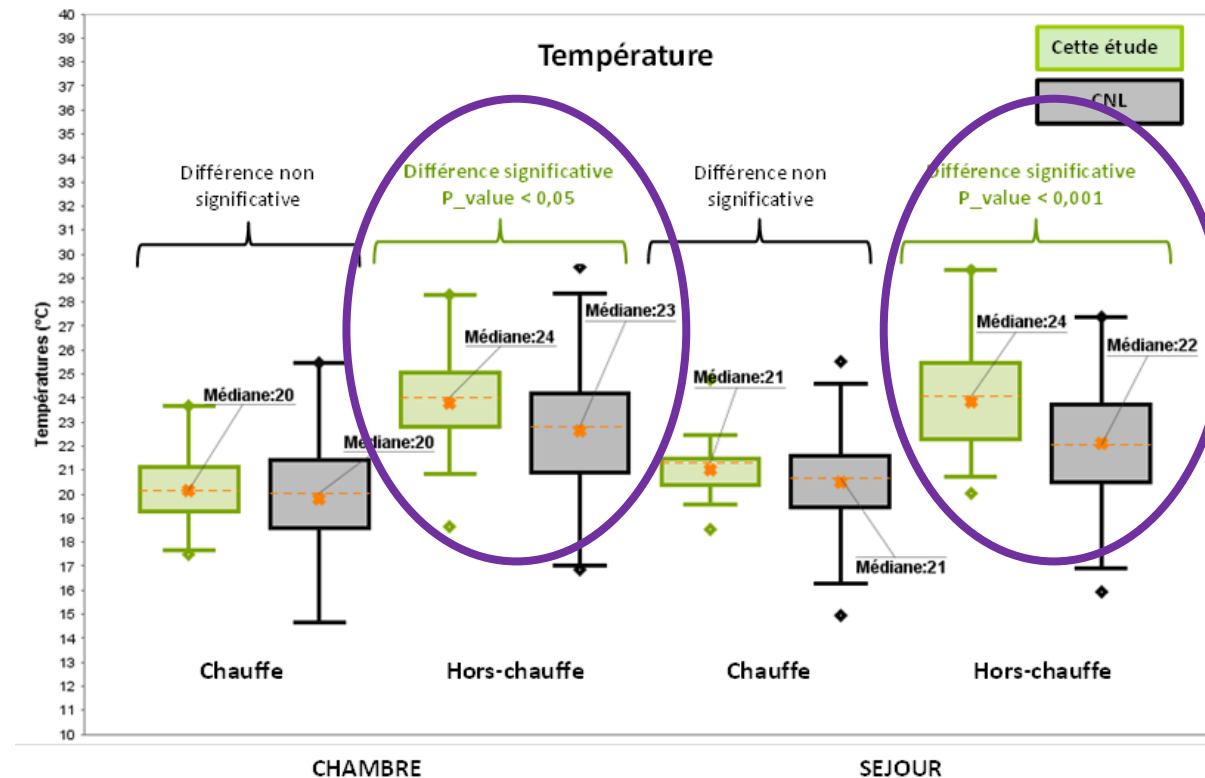
E. Mesures de la température et comparaison avec celles des logements français (données issues de la CNL de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005)

Mesures de Température

- mesurées sur la semaine sans discriminer les périodes d'occupation et d'inoccupation

Les mesures de températures en période de chauffe sont égales à celles des logements français

Les mesures de températures en période de hors-chauffe sont significativement supérieures à celles des logements français



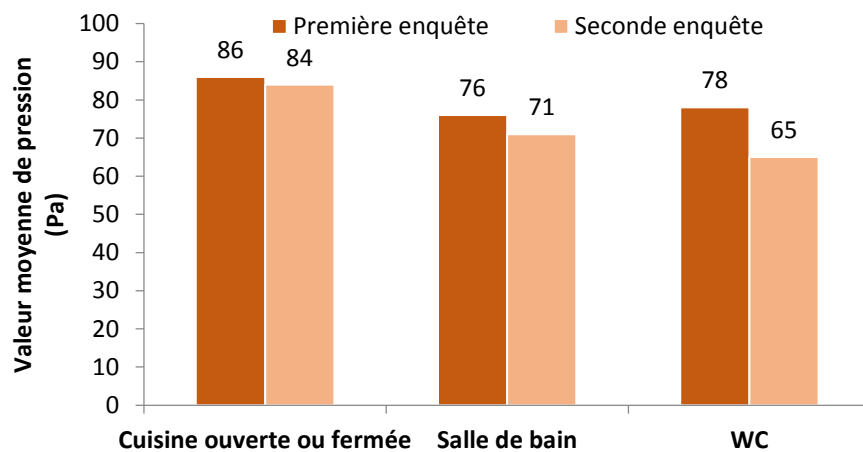
Distribution des valeurs hebdomadaires de la température des logements de cette étude et des logements français

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

F. Mesures aérauliques des systèmes mécaniques de ventilation

Mesures de pressions

- Aux bouches d'extraction des systèmes VMC simple flux hygroréglables (A et B)
- Exploitation des mesures réalisées à chaque période d'enquête sur 16 systèmes VMC

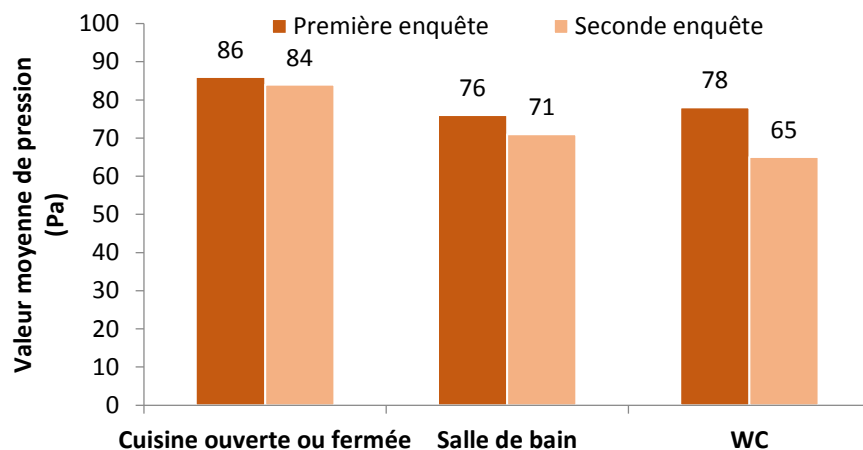


3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

F. Mesures aérauliques des systèmes mécaniques de ventilation

Mesures de pressions

- Aux bouches d'extraction des systèmes VMC simple flux hygroréglables (A et B)
- Exploitation des mesures réalisées à chaque période d'enquête sur 16 systèmes VMC



- Comparaison avec la plage de fonctionnement préconisé par les fabricants (70 à 160 Pa) :

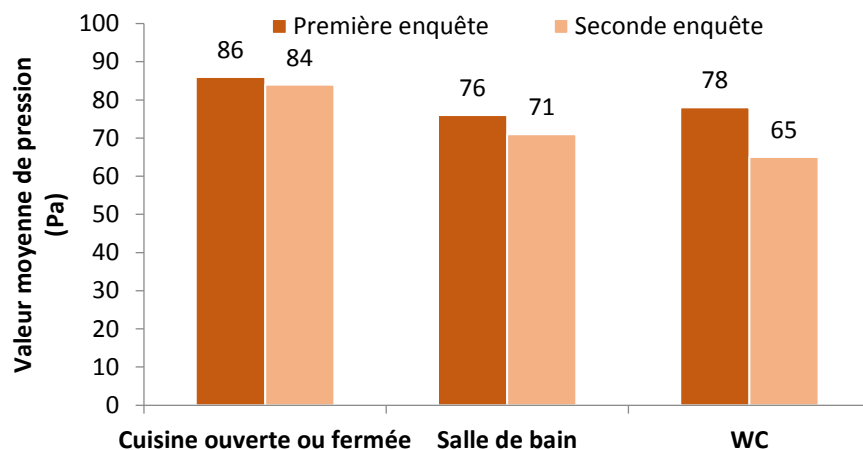
45% à 55% des mesures dans la plage mais plus de 40% en dessous de 70 Pa

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

F. Mesures aérauliques des systèmes mécaniques de ventilation

Mesures de pressions

- Aux bouches d'extraction des systèmes VMC simple flux hygroréglables (A et B)
- Exploitation des mesures réalisées à chaque période d'enquête sur 16 systèmes VMC



- Comparaison avec la plage de fonctionnement préconisé par les fabricants (70 à 160 Pa) :

45% à 55% des mesures dans la plage mais plus de 40% en dessous de 70 Pa

Mesures de débits d'air

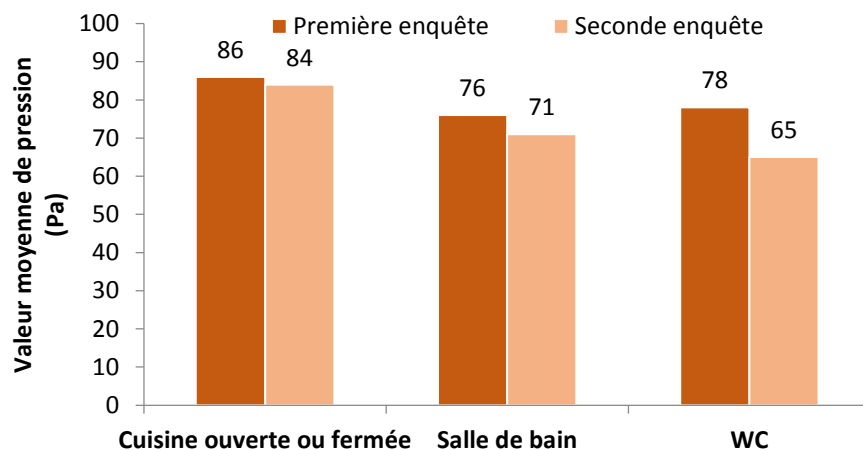
- Aux bouches d'extraction/de soufflage des systèmes VMC autoréglables simple ou double flux
- Exploitation des mesures réalisées à chaque période d'enquête sur 20 systèmes VMC
- Comparaison des débits d'air extraits des logements neufs avec les débits réglementaires (arrêté 24 mars 1982) pour 8 logements équipés de VMC double flux

3 – Exploitation des données de la base nationale de référence

F. Mesures aérauliques des systèmes mécaniques de ventilation

Mesures de pressions

- Aux bouches d'extraction des systèmes VMC simple flux hygroréglables (A et B)
- Exploitation des mesures réalisées à chaque période d'enquête sur 16 systèmes VMC



- Comparaison avec la plage de fonctionnement préconisé par les fabricants (70 à 160 Pa) :

45% à 55% des mesures dans la plage mais plus de 40% en dessous de 70 Pa

Mesures de débits d'air

- Aux bouches d'extraction/de soufflage des systèmes VMC autoréglables simple ou double flux
- Exploitation des mesures réalisées à chaque période d'enquête sur 20 systèmes VMC
- Comparaison des débits d'air extraits des logements neufs avec les débits réglementaires (arrêté 24 mars 1982) pour 8 logements équipés de VMC double flux

Respect systématique des débits réglementaires réduits en cuisine et des débits réduits totaux

mais

Débits réglementaires à atteindre en cuisine (grand débit), en salle de bain ou en WC non systématiquement respectés

Qualité de l'air intérieur de bâtiments d'habitation performants en énergie

1. Programme « Bâtiments performants en énergie »
2. Flux des données collectées et validation
3. Exploitation des données de la base nationale de référence
- 4. Conclusions et perspectives**

4 – Conclusions et perspectives

Bâtiments de l'étude

- sélectionnés sur la base du volontariat : non représentatifs du parc de bâtiments d'habitation performants en énergie construits ou rénovés en France et non répartis de façon homogène selon les zones climatiques

4 – Conclusions et perspectives

Bâtiments de l'étude

- sélectionnés sur la base du volontariat : non représentatifs du parc de bâtiments d'habitation performants en énergie construits ou rénovés en France et non répartis de façon homogène selon les zones climatiques
- présentent des similitudes et quelques particularités par rapport au parc de bâtiments PREBAT (2950 bâtiments entre 2007 et 2012)

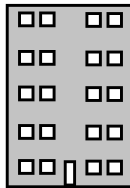
4 – Conclusions et perspectives

Bâtiments de l'étude

- sélectionnés sur la base du volontariat : non représentatifs du parc de bâtiments d'habitation performants en énergie construits ou rénovés en France et non répartis de façon homogène selon les zones climatiques
- présentent des similitudes et quelques particularités par rapport au parc de bâtiments PREBAT (2950 bâtiments entre 2007 et 2012)
 - Particularités par rapport au parc de bâtiments PREBAT



- Ossature bois (absence monomur)
- Prédominance VMC double flux



- Réseau de chaleur
- Moitié des logements équipés de VMC double flux
- Logements ventilés naturellement (Ventilation naturelle hybride)

4 – Conclusions et perspectives

Indicateurs de qualité d'environnement intérieur

- Concentrations en CO₂ égales ou significativement inférieures à celles des logements français
- Concentrations les plus élevées pour 2 COV : **alpha-pinène et limonène** (ossature bois ?, utilisation de produits d'entretien ?,...)
- Concentrations des polluants intérieurs égales ou significativement inférieures à celles des logements français **SAUF pour hexaldéhyde** (matériaux à base de bois ? produit de traitement du bois ?,...)
- **Températures intérieures significativement supérieures** à celles des logements français en période de hors-chauffe (surchauffe estivale ?)

4 – Conclusions et perspectives

Indicateurs de qualité d'environnement intérieur

- Concentrations en CO₂ égales ou significativement inférieures à celles des logements français
- Concentrations les plus élevées pour 2 COV : **alpha-pinène et limonène** (ossature bois ?, utilisation de produits d'entretien ?,...)
- Concentrations des polluants intérieurs égales ou significativement inférieures à celles des logements français **SAUF pour hexaldéhyde** (matériaux à base de bois ? produit de traitement du bois ?,...)
- **Températures intérieures significativement supérieures** à celles des logements français en période de hors-chauffe (surchauffe estivale ?)

Problème d'humidité et développement fongique

- Pourcentages de logements présentant des traces d'humidité, ayant subi des dégâts des eaux ou fait l'objet de traitement contre l'humidité inférieurs à ceux des logements français mais **pourcentage de logements présentant un développement fongique actif plus élevé dans cette étude** (absence de ventilation en phase chantier ?, absence de protection des matériaux stockés sur le chantier ?, mise en œuvre de matériaux humides, difficulté de séchage des éléments de construction?,...)

4 – Conclusions et perspectives

Indicateurs de qualité d'environnement intérieur

- Concentrations en CO₂ égales ou significativement inférieures à celles des logements français
- Concentrations les plus élevées pour 2 COV : **alpha-pinène et limonène** (ossature bois ?, utilisation de produits d'entretien ?,...)
- Concentrations des polluants intérieurs égales ou significativement inférieures à celles des logements français **SAUF pour hexaldéhyde** (matériaux à base de bois ? produit de traitement du bois ?,...)
- **Températures intérieures significativement supérieures** à celles des logements français en période de hors-chauffe (surchauffe estivale ?)

Problème d'humidité et développement fongique

- Pourcentages de logements présentant des traces d'humidité, ayant subi des dégâts des eaux ou fait l'objet de traitement contre l'humidité inférieurs à ceux des logements français mais **pourcentage de logements présentant un développement fongique actif plus élevé dans cette étude** (absence de ventilation en phase chantier ?, absence de protection des matériaux stockés sur le chantier ?, mise en œuvre de matériaux humides, difficulté de séchage des éléments de construction?,...)

Systemes de ventilation

- Les pressions mesurées aux bouches d'extraction des VMC hygroréglables **ne sont pas systématiquement dans la plage de fonctionnement préconisé par les fabricants**
- Les débits d'air extraits réglementaires des VMC autoréglables **ne sont pas systématiquement respectés**

4 – Conclusions et perspectives

Perspectives

- Etude des liens entre qualité de l'environnement intérieur et caractéristiques du bâtiments et de l'usage (en cours) pour tenter d'expliquer, a minima, le dépassement de la référence nationale au niveau :
 - Des concentrations en hexaldéhyde, alpha-pinène et limonène
 - De la température intérieure observée en période de hors-chauffe
 - Du pourcentage de logements présentant un développement actif de moisissures
- Mise à jour de l'état descriptif des bâtiments et de la qualité de l'environnement intérieur prévu fin 2016
- Intégration des résultats de l'étude dans un travail de synthèse bibliographique réalisé par le Centre européen de Recherche (JRC) d'Ispra dans le cadre de l'évaluation de la directive 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments (à paraître en 2016).

Remerciements

- **Financeurs du programme OQAI-BPE** : Ministères en charge du Logement, de la Santé et de l'Écologie, ADEME, CSTB
- **Opérateurs du dispositif OQAI-BPE** : Air Breizh, Air Effcience, Air Languedoc Roussillon, Air Lorraine, Air Normand, Air Rhône Alpes, Aldes, Allie'Air, ASPA, ATCHYS ventilation, ATMO Auvergne, Atmo Franche Comté, Atmo Poitou-Charentes, Atmo-Picardie, CEREMA Est, CEREMA Centre Est (Dpt Clermont-Ferrand), CEREMA Méditerranée, CEREMA Centre Est (Dpt labo Autun), CEREMA Centre Est (Lyon), CEREMA Centre Est (Bron), CEREMA Nord Picardie, CEREMA Normandie Centre, CEREMA Ouest, CEREMA Sud-Ouest, Certifair, Communauté Agglomération Rouen, INERIS, Lig'air, Medieco, SGS Multilab, Univ. La Rochelle
- **Occupants des logements** pour leur participation active à l'étude

Merci de votre attention