

Destinataire :

**ADEME**  
**500 route des Lucioles**  
**Sophia-Antipolis**  
**06560 VALBONNE**

*A l'attention de Monsieur Pierre DEROUBAIX*

Villeurbanne, le 28 février 2007

Auteur : **Association air.h**

Rédacteurs : **Anne TISSOT – Anne-Marie BERNARD – Pierre BARLES**

Signature :

**Rapport d'étude N° 2415117 - 4**

**Révision : 00**

**Installation de ventilation dans l'existant :  
Enjeux et propositions d'amélioration  
à travers les diagnostics**

**PHASE 5 : SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE**  
**Convention ADEME n° 04 04 C 0078 de janvier 2005**

Avec la participation d'un groupe de suivi du terrain que nous remercions : M. Rémi CARRIE (CETE Lyon) – M. Jean-Pierre CORONADO (Logement Français) – M. Jean-Jacques FONTAINE (OPAC 01) – M. Gilles LACHAUX (Société Immobilière des Chemins de Fer) – M. Jacques LAFFONT (OPAC 01) – M. Bernard MEZERETTE (Bureau d'études MG+).

<b>Révision</b>	<b>Date</b>	<b>Nature de la modification</b>	<b>Pages modifiées</b>
00	28/02/2007	Première diffusion	

**Chaque révision annule et remplace la précédente.**

Les résultats et les rapports d'essais sont la propriété exclusive du demandeur et le CETIAT s'interdit leur communication à des tiers sauf autorisation écrite.

Toute utilisation commerciale du nom du CETIAT et des résultats d'essais est soumise à l'accord préalable du CETIAT.

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les rapports d'essais établis par le CETIAT ne sont valables que pour le matériel qui lui a été présenté, et dans les conditions particulières de l'essai.

Les informations relatives aux équipements de mesure utilisés pour les essais sont conservées dans le dossier archivé au CETIAT.

L'utilisation de ces résultats pour le dimensionnement d'installations utilisant ce matériel doit tenir compte des tolérances de fabrication, des conditions réelles d'exploitation et ne relève donc pas de la responsabilité du CETIAT.

Les formules ou codes utilisés pour prévoir soit le fonctionnement d'un appareil dans des conditions autres que celles de l'essai, soit les caractéristiques d'appareils semblables mais de dimensionnement différent tiennent compte de l'état des connaissances au moment de la livraison des résultats et sont susceptibles d'évolution. Les résultats obtenus par ces formules ou codes de calcul sont donnés de façon indicative.

L'exemplaire original du rapport est remis au client, une copie certifiée conforme est conservée au CETIAT.

## SOMMAIRE

SYNTHESE DU RAPPORT.....	4
1. INTRODUCTION.....	7
2. PHASE 1 : LES ENJEUX D'UNE BONNE VENTILATION .....	8
2.1. Le parc de la ventilation en France.....	8
2.2. L'analyse des dysfonctionnements .....	10
2.3. Les impacts des dysfonctionnements .....	14
2.4. Les solutions aux dysfonctionnements.....	17
3. PHASE 2 : SYNTHESE ET MISE EN VALEUR DES SOLUTIONS PAR TYPE D'INSTALLATION .....	17
3.1. Techniques de ventilation et de conditionnement d'air .....	17
3.2. Remplacement des systèmes existants .....	19
4. PHASE 3 : QUANTIFICATION DES GAINS ENERGETIQUES DE LA MISE EN ŒUVRE DES AMELIORATIONS .....	23
5. PHASE 4 : GUIDE DE PRECONISATIONS POUR LE DIAGNOSTIQUEUR .....	26
6. PHASE 5 : TRAVAUX EUROPEENS : MISE EN PLACE DE LA DIRECTIVE PERFORMANCE DES BÂTIMENTS.....	27
7. REFERENCES.....	28
ANNEXE 1 - RENOVATION DES INSTALLATIONS DE VENTILATION – EXEMPLES DE SOLUTION SUR PLUSIEURS BÂTIMENTS.....	29
ANNEXE 2 - GUIDE.....	35

## SYNTHESE DU RAPPORT

Ce rapport est le rapport final synthétisant l'étude menée par l'association air.h et cofinancée par l'ADEME en 2005-2006 (convention n°04 04 C 0078) " Installations de ventilation dans l'existant : enjeux et proposition d'amélioration à travers les diagnostics". Cette étude a été suivie durant son avancement par un comité de pilotage, que nous remercions, composé de maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre : M. Rémi CARRIE (CETE Lyon) – M. Jean-Pierre CORONADO (Logement Français) – M. Jean-Jacques FONTAINE (OPAC 01) – M. Gilles LACHAUX (Société Immobilière des Chemins de Fer) – M. Jacques LAFFONT (OPAC 01) – M. Bernard MEZERETTE (Bureau d'études MG+). Des rapports détaillés des différentes phases sont disponibles.

L'étude a pour buts de :

- Quantifier sur le parc français les enjeux d'une bonne ventilation.
- Préconiser des améliorations possibles des systèmes à l'issue de leur diagnostic notamment à travers un guide dédié aux diagnostiqueurs.

En habitat :

- 47% des logements du parc, essentiellement antérieurs au choc pétrolier de 1974, n'ont pas de ventilation de l'ensemble des locaux (12% sans ventilation et 35% avec une aération ponctuelle des pièces humides). C'est la première cible des réhabilitations thermiques. Lorsque ces dernières conduisent à un renforcement de l'étanchéité des locaux, de nombreux désordres sont constatés : humidité, condensations, moisissures.
- 53% des logements du parc, essentiellement de 1969 à nos jours, ont une ventilation générale des locaux, naturelle (20%) ou mécanique (33%). Cette ventilation générale est devenue obligatoire en 1969 afin de suivre l'évolution des constructions et de pallier aux problématiques des condensations dans les pièces de vie, trop souvent constatées avec les ventilations ponctuelles des pièces humides. L'étude montre que ces systèmes présentent moins de problématiques de renouvellement d'air et de meilleures performances mais leurs dimensionnements ou leurs réalisations restent souvent insatisfaisants (étanchéité des conduits, mise en œuvre, consommation des ventilateurs en mécanique...)

Deux constats prévalent dans le tertiaire :

- Beaucoup de bâtiments sont sans ventilation, à l'exception des toilettes qui présentent généralement une extraction d'air. L'aération par les fenêtres dans les locaux principaux est courante avec ou sans respect des conditions minimums requises par le Règlement Sanitaire et le Code du travail (volume minimum par occupant et taille des ouvrants), l'absence de ventilation peut également être constatée dans des locaux opaques.
- Dans de nombreux cas, les débits de ventilation des salles de réunion, salles polyvalentes et d'une manière générale de beaucoup de locaux fortement occupés sont insuffisants (dimensionnement sur des hypothèses d'occupation minimalistes, affectation des locaux changée au cours du temps...). Ils se traduisent par des problèmes de qualité d'air intérieur. Des inconforts dus au bruit d'équipement sont également fréquents, du fait du manque de mise au point lors de la réception des installations.

L'ensemble des dysfonctionnements a des impacts sur :

- la pérennité du bâti (les travaux induits par des défauts de condensation sont estimés à 3300 euros pour un logement),
- la santé des occupants (augmentation des symptômes liés aux allergies, rhinites...),
- les consommations énergétiques. La première dépense énergétique est de ne pas contrôler les débits d'air transitant dans les logements, que ce soit par les fuites, par les aérations ou par les ouvertures de fenêtres. Une ventilation appropriée doit permettre de contrôler correctement le débit de ventilation apporté, de maîtriser les sur-ventilations et de ne fournir que le nécessaire, là où on en a besoin. La première étape est donc de maîtriser les flux d'air incontrôlés, la seconde étape sera d'améliorer le fonctionnement des installations existantes.

Le potentiel de gains à installer une VMC lors d'une réhabilitation d'un logement n'ayant pas de ventilation générale, a été estimé dans cette étude. Ceux-ci touchent la part du parc français la plus importante (habitations ou écoles ne disposant pas de ventilation), les gains y sont donc rapidement conséquents et peuvent atteindre :

- 9,5 Mt CO<sub>2</sub> sur le parc des maisons individuelles (le plus facile et le moins coûteux à traiter),
- 2,9 Mt CO<sub>2</sub> sur le parc résidentiel collectif,
- 0,75 Mt CO<sub>2</sub> sur le parc des bureaux.

Par ailleurs, les gains énergétiques associés à une mise en conformité des systèmes installés de VMC (30% de dysfonctionnement selon ORTEC) sont importants. Moins sensibles que les précédents (parc plus réduit), ils sont néanmoins plus simples à réaliser (plus de contrôle des installations, amélioration des pratiques et de la formation de la filière professionnelle...) :

- 0,225 Mt CO<sub>2</sub> sur les maisons individuelles
- 0,2 Mt CO<sub>2</sub> sur le parc collectif

Enfin, l'amélioration des stratégies de ventilation pour réduire leur consommation énergétique conduit à des gains divers :

- Moduler les débits à la demande (gains de 10 à 20% de la consommation totale des logements),
- Récupérer l'énergie sur des systèmes double flux (gains de 10 à 25%),
- Réduire les consommations énergétiques des ventilateurs (gains de 0,5 à 1%),
- Améliorer l'étanchéité des réseaux (environ 1%).

L'étude a également compris la réalisation d'un état de l'art des techniques de ventilation et de conditionnement d'air et pour chacune d'elles les solutions existantes sur le marché français et celles utilisées en Europe. Pour les principales améliorations traitées, l'étude analyse les avantages et les inconvénients des différentes technologies du point de vue performance énergétique, qualité d'air intérieur et confort thermique et acoustique. Les possibilités de migration d'une situation constatée lors d'un diagnostic vers des solutions plus performantes ont été évaluées, en estimant la facilité de l'opération. Les principaux critères du processus de décision sont : le bâtiment (niveau d'isolation, niveau d'étanchéité...), le système de ventilation existant, les équipements (type d'évacuation des produits de combustion), et l'environnement (exposition au vent et au bruit...). Des exemples précis d'actions à mener pour la réhabilitation de différents types de bâtiments ont été proposés dans cette phase.

Le guide "Ventilation des bâtiments existants – Préconisations pour améliorer les performances des installations – Guide pratique" a été mis au point. Il a été imprimé en 3000 exemplaires (mars 2007) et sera diffusé sous format pdf (téléchargeable sur le site du CETIAT : [www.cetiat.fr](http://www.cetiat.fr)). Ce guide contient pour 4 types de bâtiments (maison individuelle, immeuble collectif, bâtiment de bureau, école) des processus de décision pour la réhabilitation des installations de ventilation suivant les différentes contraintes de l'existant.

Enfin, dans le cadre de la mise en application de la directive Performance Énergétique des Bâtiments, plusieurs normes européennes ont été élaborées au CEN, concernant notamment l'inspection des systèmes de conditionnement d'air et de ventilation des bâtiments. Pour ce dernier sujet, le texte de référence prEN15239 qui a pour titre " *Systèmes de ventilation pour les bâtiments - Performance énergétique des bâtiments - Lignes directrices pour le contrôle des systèmes de ventilation*". L'objectif est une édition à la fin de l'année 2007, a été élaboré avec un animateur français et en liens avec les travaux faits ici.

## **1. INTRODUCTION**

Le diagnostic des bâtiments et de ses équipements est un enjeu d'actualité pour améliorer les pratiques en matière d'installations de ventilation, que ce soit du point de vue énergétique, acoustique, ou de qualité d'air.

Cependant un diagnostic n'est pas une fin en soi. La recommandation de possibilité d'amélioration des performances de ces installations doit être envisagée.

Ce rapport de synthèse regroupe les résultats des cinq phases de l'étude et vise à déterminer les enjeux d'une bonne ventilation, les quatre premières phases ayant fait l'objet de rapports détaillés complets qui pourront être consultés pour les détails (références en partie 7) :

- une évaluation des enjeux et du parc de la ventilation en France,
- une analyse des systèmes rencontrés du point de vue de la qualité d'air intérieur et de l'énergie, et les propositions de processus de décision pour la rénovation des bâtiments,
- une quantification des gains énergétiques associés aux rénovations des principaux systèmes,
- un guide permettant au diagnostiqueur de préconiser des améliorations de systèmes (téléchargeable sur [www.cetiat.fr](http://www.cetiat.fr)).

La cinquième phase de l'étude, menée en parallèle et de façon indépendante du reste de l'étude, expose les résultats des travaux européens, menés notamment par le CETIAT sur la rédaction du projet de norme concernant l'inspection des systèmes de ventilation.

## **2. PHASE 1 : LES ENJEUX D'UNE BONNE VENTILATION**

Dans cette première phase, l'étude visait à évaluer les dysfonctionnements constatés des systèmes de ventilation et leurs impacts. Pour ceci, elle dresse un état du parc de la ventilation en France, effectue un constat des dysfonctionnements rencontrés sur le terrain et analyse quantitativement ou qualitativement l'impact de ces derniers.

### ***2.1. Le parc de la ventilation en France***

#### **2.1.1. Le parc résidentiel**

A partir des statistiques INSEE sur l'âge des logements en France jusqu'en 1999, complétées d'une évaluation du marché de la construction jusqu'en 2004, les experts d'air.h ont évalué les systèmes de ventilation les plus couramment installés à l'origine. En effet, les dates clés des évolutions réglementaires et des apparitions des systèmes de ventilation sont à peu près connues :

- Avant 1906 : aucun système de ventilation (1906-1955 : conduits de fumées) ;
- A partir de 1937 : ventilation ponctuelle par grilles hautes et basses ;
- 1956-1969 : présence de shunts ;
- 1969 : arrêté demandant une ventilation générale et permanente de 1 Vol/h ;
- années 70 : premières VMC (généralisation de l'autoréglable vers 1984) ;
- RT2000 : forte poussée de la ventilation hygro-réglable.

Dans le seul secteur social on a pu voir des rénovations de systèmes de ventilation, et ceci reste une tendance récente (années 1990). Ce qui se passe dans le secteur privé est moins connu, mais il y a a priori peu de rénovation en collectif, et un simple remplacement de caisson lorsque c'est nécessaire.



<b>Systèmes de ventilation</b>	<b>Habitat collectif</b>	<b>Maison individuelle</b>
Aucun dispositif spécifique	9%	14%
Ventilation naturelle pièce par pièce	34%	36%
Ventilation naturelle par conduit (balayage)	16%	22%
Ventilation naturelle assistée (balayage)	1%	
Ventilation mécanique ponctuelle (VMR)	0%	1%
VMC simple flux sur shunt (suite rénovation)	13%	
VMC Simple Flux autoréglable	22%	23%
VMC Simple Flux hygroréglable	5%	5%
VMC Double Flux	0%	1%
<b>Type de ventilation</b>		
Pas de ventilation	9%	14%
Ventilation pièce par pièce	34%	36%
Ventilation générale naturelle	18%	22%
Ventilation générale mécanique	40%	28%
Ventilation générale total	57%	50%
Total parc (nombre de logements)	13 066 266	17 333 069

**Tableau 1 : Estimation de la répartition des systèmes de ventilation en résidentiel**

### 2.1.2. Le parc tertiaire

En tertiaire, les statistiques sont cette fois données en flux (milliers de m<sup>2</sup> construits par an) sur une moyenne SITADEL de 2002 à 2004, et ramenées ensuite au parc total lorsqu'il est connu :

<b>Tertiaire</b>	<b>Bureaux</b>	<b>Commerces</b>	<b>Enseignement</b>	<b>Santé</b>	<b>Loisirs</b>	<b>Hôtels</b>	<b>Total</b>
Aucun dispositif spécifique (ouverture fenêtres)	50%	40%	60%		10%	5%	34%
Ventilation naturelle par conduit						9%	1%
Ventilation mécanique ponctuelle	10%	10%		15%	20%		10%
VMC Simple Flux autoréglable (balayage)	9%		20%	25%		75%	13%
VMC Simple Flux modulé (balayage)	1%						0.2%
VMC Double Flux	10%		19%	25%		10%	9%
Systèmes CDA tout air (recouvrant fonction ventilation)	20%	50%	1%	35%	70%	1%	34%
Total systèmes	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Flux total en milliers de m <sup>2</sup> /an	3026	3732	1747	1700	1666	821	12692
Parc total en milliers de m <sup>2</sup>	176244	193030	167852	100711	67141	58748	763726

**Tableau 2 : Estimation de la répartition des systèmes de ventilation en tertiaire**

## 2.2. L'analyse des dysfonctionnements

L'analyse des dysfonctionnements a été réalisée par une enquête auprès de gens du terrain. Les résultats sont donnés en pourcentages moyens, ils ne représentent pas le taux de dysfonctionnements constatés mais la fréquence plus ou moins importante de cas rencontrés. De ce fait, ils doivent être interprétés en relatif les uns par rapport aux autres et non en absolu.

### 2.2.1. Les résultats en habitat

Il convient de distinguer dans l'analyse, tous systèmes confondus :

- les ventilations pièce par pièce ;
- les ventilations générales.

Il est noté par le groupe de suivi qu'en logement individuel, quels que soient les systèmes, les gens n'ayant pas la perception du besoin de ventilation tendent à couper ou à obturer les systèmes pour réaliser des économies de chauffage.

L'ensemble des constats et leur analyse est donné dans le rapport de la phase 1. Le graphe ci-dessous reprend les principaux types de dysfonctionnements rencontrés (tous systèmes confondus)

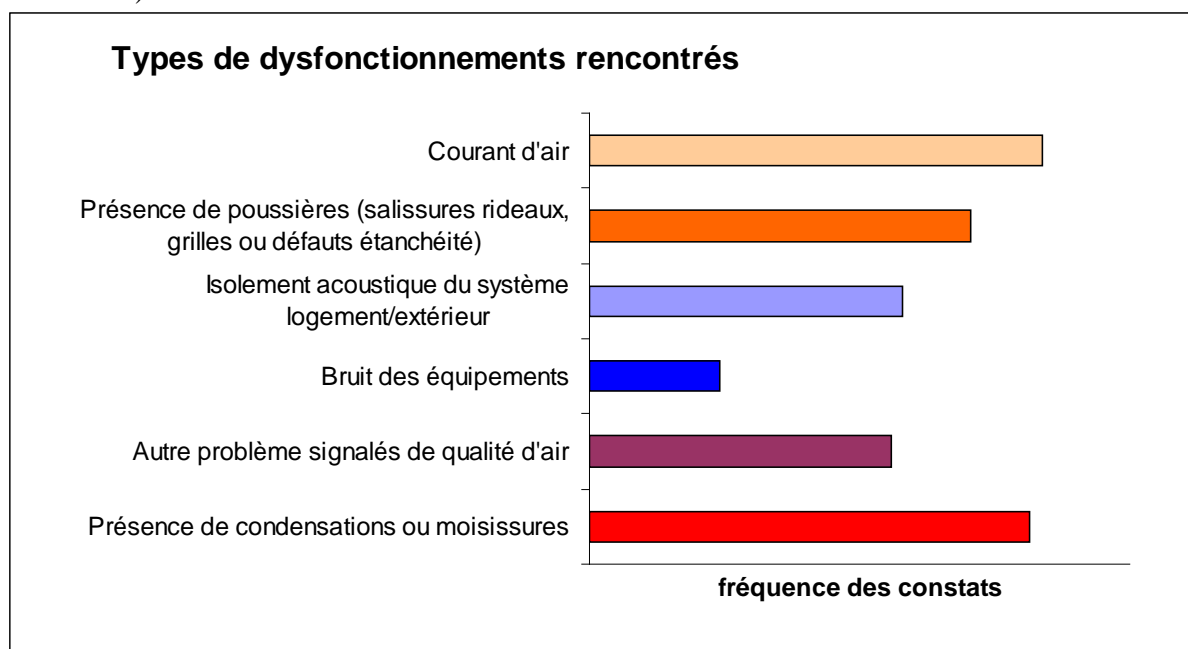


Figure 1 : Dysfonctionnements rencontrés dans l'habitat

- **L'humidité et la condensation** : la fréquence des constats de condensations est moins élevée en présence de système de ventilation spécifique général. C'est souvent le principal facteur conduisant les maîtres d'ouvrage à rénover la ventilation. D'une manière générale, c'est le principal signe d'une sous ventilation. D'autres problèmes de qualité d'air intérieur sont signalés (odeurs, confinement...)
- **Le bruit** : Le bruit propre des équipements est souvent constaté par les locataires comme le résultat tangible de la rénovation. L'absence de réglage ou un mauvais dimensionnement sont les causes principales du bruit d'équipement. Pour un système de ventilation naturelle, les problématiques d'isolation sont plus importantes, du fait de la grande taille des entrées d'air.
- **Les courants d'air** : C'est une problématique récurrente, souvent à l'origine de l'obturation des systèmes par les usagers (entrée d'air basse en ventilation pièce par pièce, mais également entrée d'air autoréglable). Elle est plus importante dans les zones ventées ; on peut également rencontrer un problème de courants d'air dans les logements peu étanches.
- **Les salissures** : les bouches et entrées d'air ont tendance à regrouper visiblement les poussières, et sont peu nettoyées par les occupants.

L'origine technique de ces constats est diverse (cf. Figure 2) :

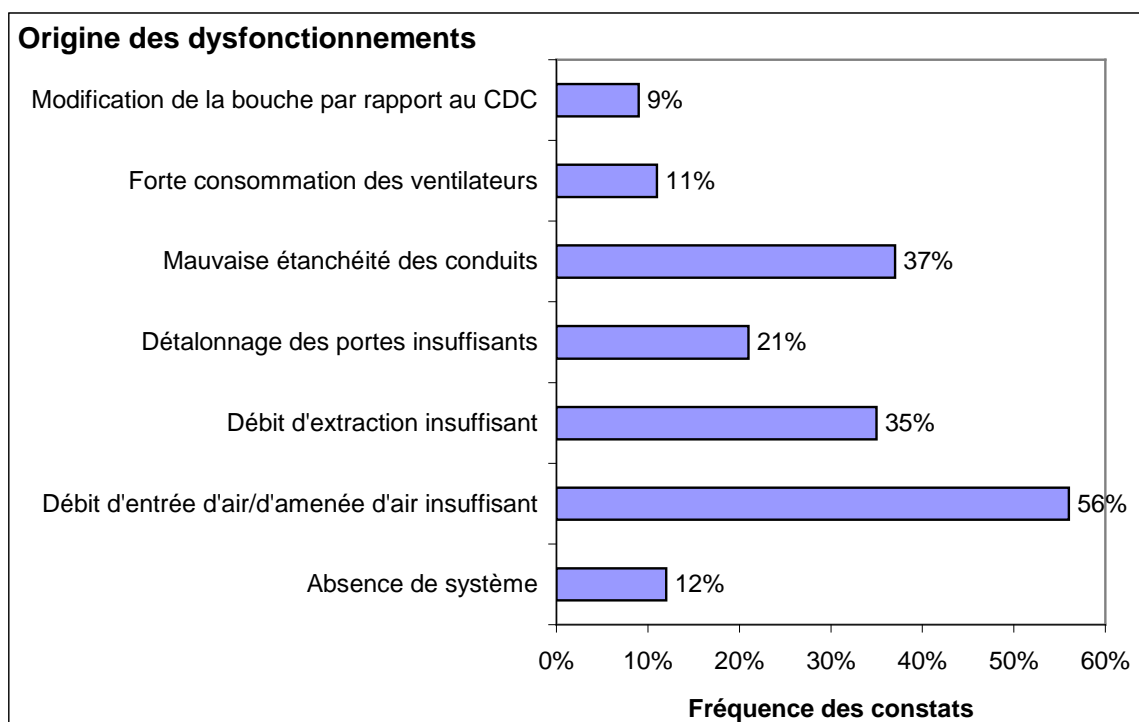


Figure 2 : Origine des dysfonctionnements en habitat

Les constats dépendent également des types de systèmes rencontrés :

- Les ventilations pièce par pièce (35% du parc) sont essentiellement associées à des problématiques de renouvellement d'air insuffisant de l'ensemble du logement.
- Les ventilations générales (53% du parc) présentent moins de problématiques de renouvellement d'air et de meilleures performances mais leurs dimensionnements ou leurs réalisations restent souvent insatisfaisants (étanchéité des conduits, mise en œuvre, consommation des ventilateurs en mécanique...)

### 2.2.2. Les constats en tertiaire

Beaucoup de bâtiments du secteur tertiaire sont sans ventilation (à l'exception des sanitaires). L'aération par les fenêtres est courante avec ou avec ou sans respect des conditions minimums requises par le Règlement Sanitaire et le Code du travail (volume minimum par occupant et taille des ouvrants). Dans de nombreux cas, les débits de ventilation sont insuffisants :

- Le dimensionnement est souvent réalisé sur la base d'hypothèses d'occupation minimalistes pour faire des économies sur l'installation ou sur les consommations énergétiques.
- Les systèmes de ventilation ne suivent pas toujours l'affectation des locaux (ex : bureau transformé en salle de réunion...)

Le manque de clarté de la réglementation conduit également à des mauvaises pratiques.

Le type de dysfonctionnements rencontrés en tertiaire est résumé sur la Figure 3.

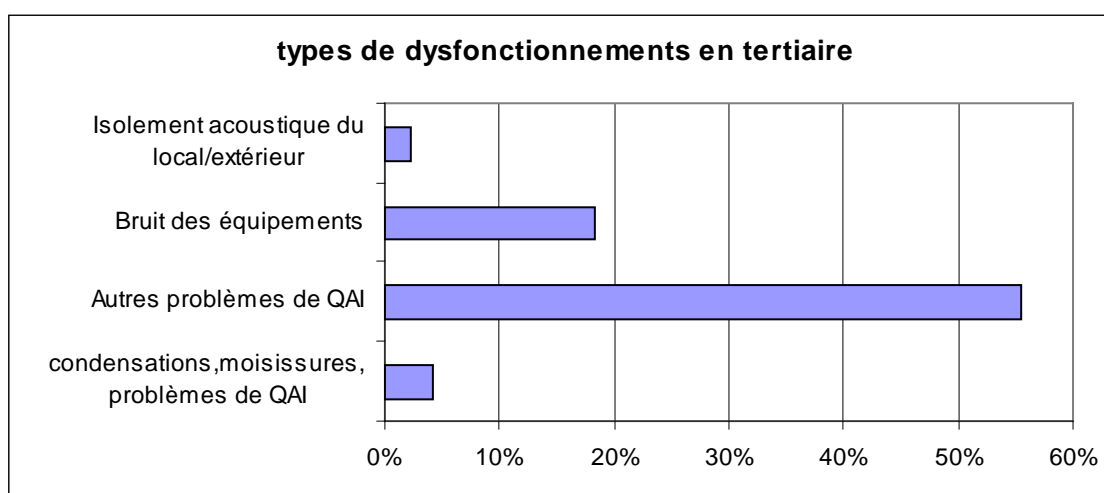


Figure 3 : Dysfonctionnements rencontrés en tertiaire

En tertiaire, les problèmes de condensation et moisissures sont cantonnés à certains types de locaux (vestiaires, douches, hôtels...). Les problèmes de qualité d'air intérieur (odeurs, confinement...) sont en revanche plus courants.

Après les problématiques de QAI, ce sont les aspects acoustiques qui sont mentionnés régulièrement. Les origines du bruit d'équipement sont souvent une absence de mise au point des installations lors de la réception (non réglage du ventilateur, absence d'équilibrage...) et dans certains cas, une absence de traitement acoustique (absence d'étude).

La Figure 4 montre que l'absence de ventilation (à l'exception des sanitaires) ou le dimensionnement insuffisant, notamment dans les locaux fortement occupés, sont cités comme sources principales des dysfonctionnements en tertiaire. Enfin, le manque d'entretien a été fortement relevé.

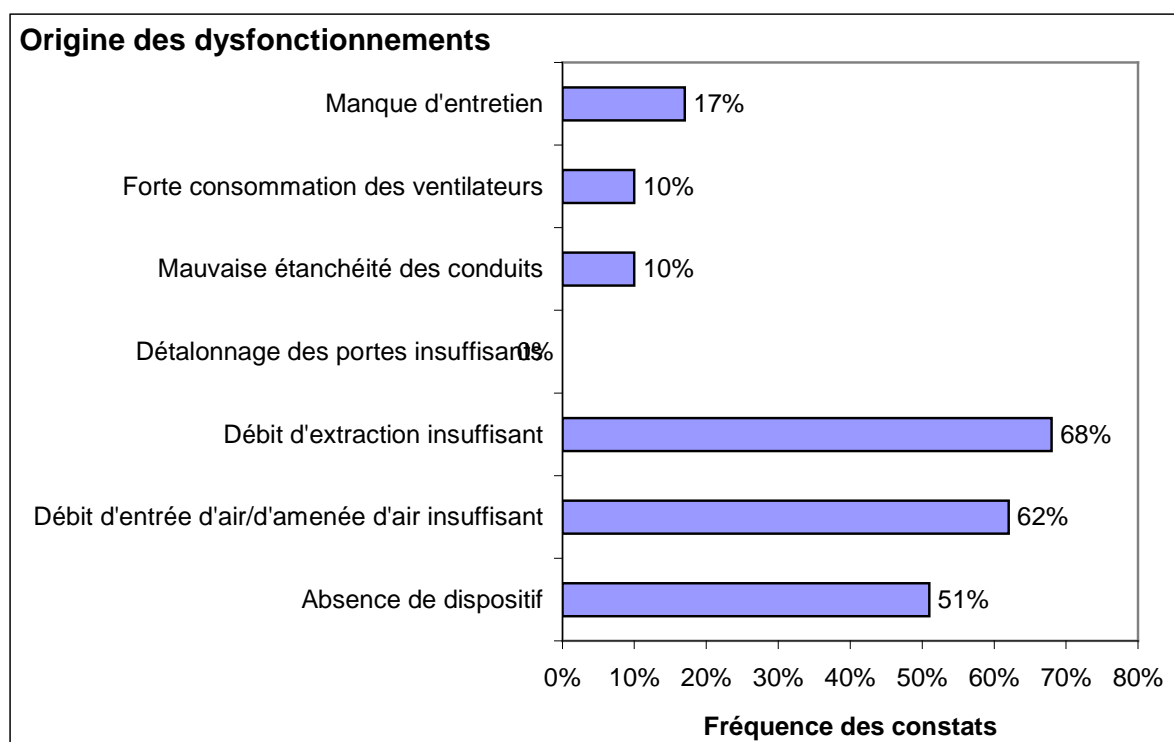


Figure 4 : Origine des dysfonctionnements en tertiaire

### 2.3. Les impacts des dysfonctionnements

Avec un parc de 30 millions de logements et de 13 millions de m<sup>2</sup> en tertiaire, en plus des problèmes de confort et de bruit, les défauts constatés ne sont pas mineurs et induisent des enjeux importants sur :

#### 2.3.1. La pérennité du bâti :

Cette étude porte sur des données issues de l'observatoire SYCODES sur les années 2000 à 2002 (année d'apparition) et a collecté des informations sur les désordres de la construction, et notamment ceux liés à la VMC et leur coût de réparation (actualisé 2002). L'Agence Qualité Construction s'appuie pour cela sur un réseau d'experts intervenant pour le compte de l'assurance construction dans le cadre d'une police de dommages-ouvrage ou de responsabilité décennale. Les coûts de réparation présentés n'incluent pas les éventuels coûts immatériels, frais d'expertise, et autres dépenses.

Cette étude ne recense que 300 bâtiments et n'est pas représentative (tous les défauts ne font pas l'objet d'une expertise par l'assureur...) mais elle permet de voir la répartition des constats et donne des tendances.

Les types de défauts constatés dans cette étude sont les suivants (Figure 5) :

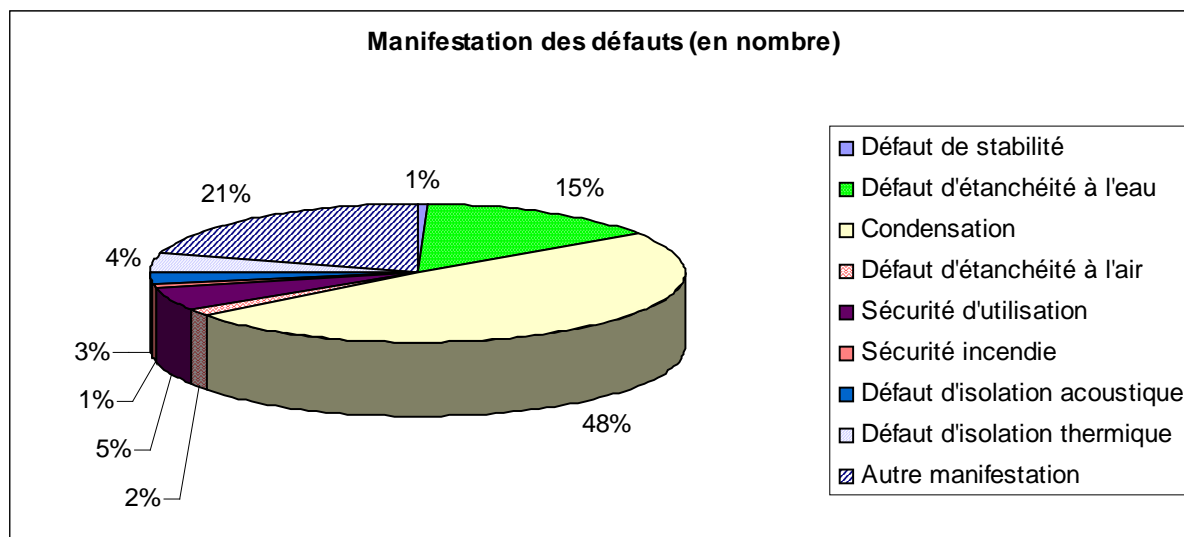


Figure 5 : Manifestation des défauts, étude de l'Agence Qualité Construction

On peut y noter la forte part des défauts de condensation, suivis par les problèmes de sécurité incendie.

La correction des défauts de condensation est estimée en moyenne à 3300 euros : des actions correctives simples liées à la ventilation sont possibles. Il faut noter que ce coût représente l'ensemble des mesures correctives pour le dysfonctionnement condensation, dont la ventilation n'est qu'une partie.

Enfin, cette étude a mis en avant également les origines des dysfonctionnements. Elle confirme la forte importance des défauts d'exécution, suivis ensuite des défauts d'entretien et d'utilisation et des défauts de conception.

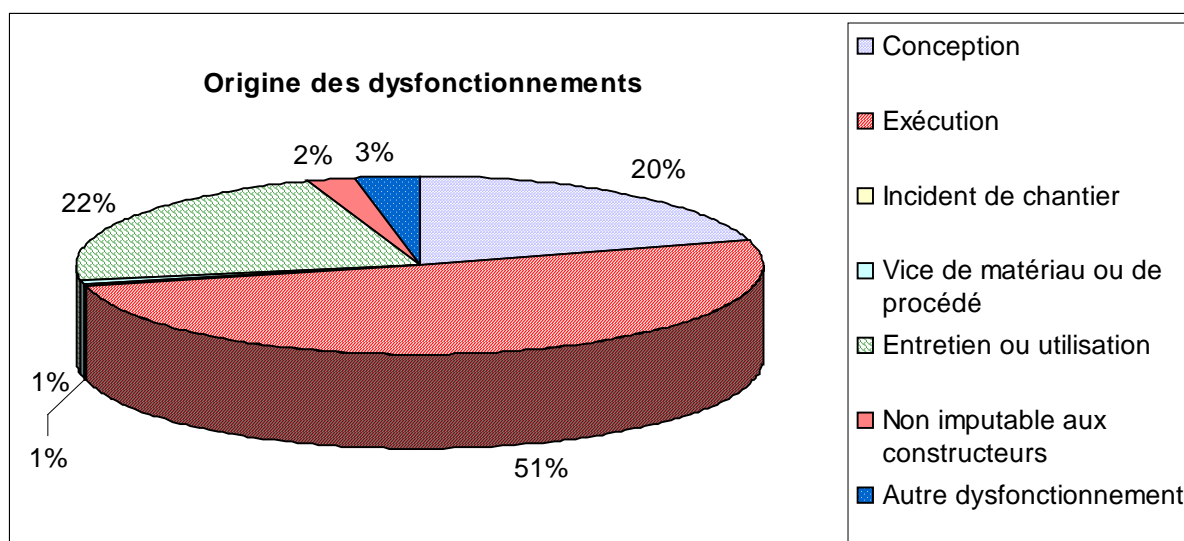


Figure 6 : Origine des dysfonctionnements, étude de l'Agence Qualité Construction

### 2.3.2. La santé

Un lien entre une mauvaise QAI et le risque d'impact pour la santé (allergies, rhinites, ...) est généralement admis sous forme de simple tendance ou de forte probabilité sans démonstration statistique. En fait des liens directs existent entre la QAI et certains facteurs de risques (ex : augmentation des acariens selon l'humidité, augmentation des symptômes notamment des populations allergiques...).

Plusieurs études montrent qu'en dessous d'un débit d'air neuf de 10 l/s/personne (36 m<sup>3</sup>/h/personne), les différents symptômes liés à une mauvaise QAI tendent à augmenter fortement. Au-delà de cette valeur de débit il y a généralement décroissance de ces symptômes.

Le respect de nos débits réglementaires est donc nécessaire pour ne pas tomber dans des zones critiqueusement basses du point de vue de l'impact sanitaire.

Le constat de renouvellement d'air insuffisant fait en habitat et encore plus en tertiaire (cf. chapitre précédent) et le manque de respect de la réglementation et des occupations réelles des locaux est donc un important point à considérer dans les enjeux associés à la ventilation

### 2.3.3. L'énergie

La phase 3 de l'étude se penche de façon détaillée sur les impacts énergétiques de l'amélioration de la ventilation (voir §4).

Le Tableau 3 donne une évaluation rapide des impacts d'un bon diagnostic et des corrections associées (surconsommations, étanchéité réseaux...) sur le parc des logements existants en ventilation mécanique. Les hypothèses sont : un taux moyen de dysfonctionnement de la VMC de 30%, 30% des débits non-conformes trop élevés, les problèmes d'étanchéité des réseaux entraînent une surconsommation.

Les gains moyens indiqués proviennent de calculs RT2005 et sont des ordres de grandeur.

Impact de	Réglage du débit réglementaire		Etanchéité des réseaux		Consommation des ventilateurs		Total d'un bon diagnostic		Perméabilité du bâti	
	maisons ind.	collectif	maisons ind.	collectif	maisons ind.	collectif	maisons ind.	collectif	maisons ind.	collectif
Parc total concerné (millions de logements)	4.8	5.2	4.8	5.2	4.8	5.2	<b>4.8</b>	<b>5.2</b>		
Taux de dysfonctionnements (*)	30%	30%	30%	30%	30%	30%			50%	50%
Part de dysf. induisant une surconsommation	30%	30%	100%	100%	30%	30%			50%	50%
Surconsommation induite en % du C moyen	3%	4%	1%	1.50%	0.50%	0.50%			3%	3%
C réf moyen (kWh EP/an)	35000	20000	35000	20000	35000	20000			35000	20000
Potentiel de gain total (GWh/an)	450	374	500	468	75	47	<b>1025</b>	<b>889</b>	2499	1560
Potentiel de gain en kt eq. CO <sub>2</sub> (**)	99	82	110	103	16	10	<b>225</b>	<b>196</b>	550	343

**Tableau 3 : Evaluation des gains énergétiques potentiels sur les dysfonctionnements de la ventilation**

(\*) taux de dysfonctionnement moyen des VMC de l'ordre de 30%, taux estimé en perméabilité bâti de 50%

(\*\*) approche rapide de 220 g/kWh à défaut de chiffre spécifique et de connaissance de l'énergie employée



## ***2.4. Les solutions aux dysfonctionnements***

Les défauts constatés sont connus ainsi que leur origine. La très grande majorité peuvent être résolus par un diagnostic des installations et une maintenance de ces dernières pour pérenniser la performance dans le temps.

La mise en place de diagnostics en habitat et en tertiaire est une première étape qui permettrait une réduction sensible de ces dysfonctionnements.

La résolution de l'ensemble des défauts nécessite cependant une action sur l'ensemble de la filière dès le cahier des charges et la conception jusqu'à la maintenance en passant par l'installation et l'optimisation des performances

Dans la suite de cette étude (phases 2 et 3), système par système les améliorations possibles à l'issue d'un diagnostic vont être décrites et analysées ainsi que leurs impacts

## **3. PHASE 2 : SYNTHÈSE ET MISE EN VALEUR DES SOLUTIONS PAR TYPE D'INSTALLATION**

A partir du diagnostic de la situation de la ventilation en France réalisé en phase 1, le contenu de la phase 2 établit des recommandations de possibilités d'amélioration des performances de ces installations.

### ***3.1. Techniques de ventilation et de conditionnement d'air***

La première partie de la phase 2 contient un état de l'art des techniques de ventilation et de conditionnement d'air, pour différents types de bâtiments. Les différents systèmes existants, ainsi que la plupart des composants qui peuvent être intégrés à un système, ont été étudiés. Pour chacun des systèmes, les avantages et les inconvénients du point de vue performance énergétique, qualité d'air intérieur, confort thermique et acoustique sont passés en revue. Pour chacun des composants, leurs impacts sur ces mêmes thèmes sont identifiés.

Les résultats de cette première partie sont rassemblés dans les Tableau 4 et Tableau 5.

### 3.1.1. Systèmes

Tous les systèmes ont été comparés à un système de ventilation mécanique générale simple flux, qui est donc neutre (0) sur tous les aspects (énergie, qualité d'air intérieur, confort thermique, confort acoustique) :

- Les signes "-" et "- -" indiquent que le système est a priori respectivement "moins performant" et "beaucoup moins performant" que le système de référence.
- Les signes "+" et "+ +" indiquent que le système est a priori respectivement "plus performant" et "beaucoup plus performant" que le système de référence.

A noter que les performances des systèmes sont fortement dépendantes de la qualité de leur conception, de leur mise en œuvre, de leur gestion et de leur maintenance.

	Energie	Qualité d'air Intérieur	Confort thermique	Confort acoustique
<i>Ventilation ponctuelle</i>				
Ventilation ponctuelle naturelle (dont fenêtres)	--	--	--	--
Ventilation ponctuelle mécanique simple flux	-	--	0	--
Ventilation ponctuelle mécanique modulée	0	--	0	--
Ventilation ponctuelle double flux	--	--	+	--
Ventilation ponctuelle double flux avec récupération de chaleur	0	--	+	--
<i>Ventilation générale naturelle</i>				
Ventilation naturelle	--	-	-	-
Ventilation naturelle avec modulation	-	-	-	-
Ventilation assistée	--	0	-	-
Ventilation assistée avec modulation	0	0	-	-
<i>Ventilation générale mécanique</i>				
Ventilation simple flux	0	0	0	0
Ventilation simple flux avec modulation	+	0	0	0
Ventilation simple flux avec récupération	+	0	+	0
Ventilation double flux	-	++	++	0
Ventilation double flux avec modulation	+	++	++	0
Ventilation double flux avec récupération	++	++	++	0
Ventilation double flux avec modulation et avec récupération	++	++	++	0

**Tableau 4 : Performances des systèmes de ventilation dans les domaines de la consommation énergétique, la qualité d'air intérieur, le confort thermique et acoustique**

### 3.1.2. Composants

Le Tableau 5 synthétise quant à lui les différents impacts qu'ont les composants que l'on peut trouver dans les systèmes de ventilation, sur la consommation énergétique, la qualité d'air intérieur, le confort thermique et acoustique.

Le symbole ☺ signifie que l'impact du composant est positif ; et le symbole ☹ signifie que l'impact est négatif. Une case vide signifie qu'il n'y a pas d'impact notable.

Comme pour les systèmes, l'impact d'un composant est dépendant de la qualité du dimensionnement, de leur mise en œuvre, de leur gestion et de leur maintenance.

Composants				
	Energie	Qualité d'air Intérieur	Confort thermique	Confort acoustique
Accessoires à joints	☺	☺		
Conduits rénovation	☺			
Puits canadiens (ou provençal)	☺	☹	☺	
Diffusion d'air tourbillonnaire	☺		☺	☹
Diffuseur à induction terminale	☺		☺	☹
Hottes de cuisine à induction	☺	☺		
Ventilation par déplacement d'air	☺	☺	☺	☺
Régulateur automatique de débit	☺			
Surventilation nocturne	☺	☺	☺	☹
Poutres froides actives	☺			☺
Ventilateur à faible consommation	☺			

**Tableau 5 : Impacts des composants sur la consommation énergétique, la qualité d'air intérieur, le confort thermique et acoustique**

### 3.2. Remplacement des systèmes existants

Cette deuxième partie évalue les possibilités de migration d'une situation constatée lors d'un diagnostic vers des solutions plus performantes, en évaluant la facilité de l'opération. Des exemples de bâtiments sont étudiés.

### 3.2.1. Une démarche globale

Tous les intervenants rencontrés l'affirment, la réhabilitation de la ventilation doit être menée avec une vision d'ensemble sur le bâtiment. Les rénovations menées il y a vingt ou trente ans, visant uniquement le bâti ou uniquement le système de ventilation, ont parfois entraîné de gros problèmes de condensation.

Ces expériences malheureuses ont montré notamment deux choses :

- La nécessité de prendre en compte la ventilation lors de rénovation thermique de bâtiment : l'amélioration de l'étanchéité de la façade, par le changement des menuiseries de fenêtres en particulier, va diminuer le renouvellement d'air par infiltration, ce qui peut entraîner des problèmes de condensation et moisissures.
- La nécessité de prendre en compte certains éléments liés au bâtiment lors de la rénovation d'un système de ventilation : le passage "sauvage" en VMC comporte des risques de renouvellement d'air insuffisant, de mauvaises odeurs, du fait par exemple de la présence de vide-ordures individuel non étanche, de portes palières perméables, de façades non étanches...

On voit ainsi que la réhabilitation thermique d'un bâtiment ne peut se passer d'une étude de la ventilation, et que la rénovation de la ventilation d'un bâtiment ne peut se passer de la prise en compte de quelques considérations thermiques. Pour ce dernier point, sauf problème majeur, la ventilation est quoiqu'il en soit rarement l'unique objet d'un programme de réhabilitation.

Les grands aspects à étudier lors de la rénovation d'un système de ventilation sont ainsi :

- le bâti : étanchéité, niveau d'isolation ;
- le système de ventilation existant : on peut ainsi définir les matériels ou les composants qu'il est possible de réutiliser ;
- les équipements présents : type de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire, étanchéité de la porte palière, présence de vide-ordures individuel...
- l'environnement : zone polluée, bruyante...

### **3.2.2. Diagnostic de l'existant**

Le diagnostic de l'existant est indispensable avant de décider d'un programme de réhabilitation. Il devrait permettre de disposer d'une description du système existant, d'un état général (visible) du système, des caractéristiques principales de fonctionnement du système (généralement mesurées), d'éléments complémentaires sur : la gestion du système, sa maintenance, la perception et le comportement des utilisateurs, ...

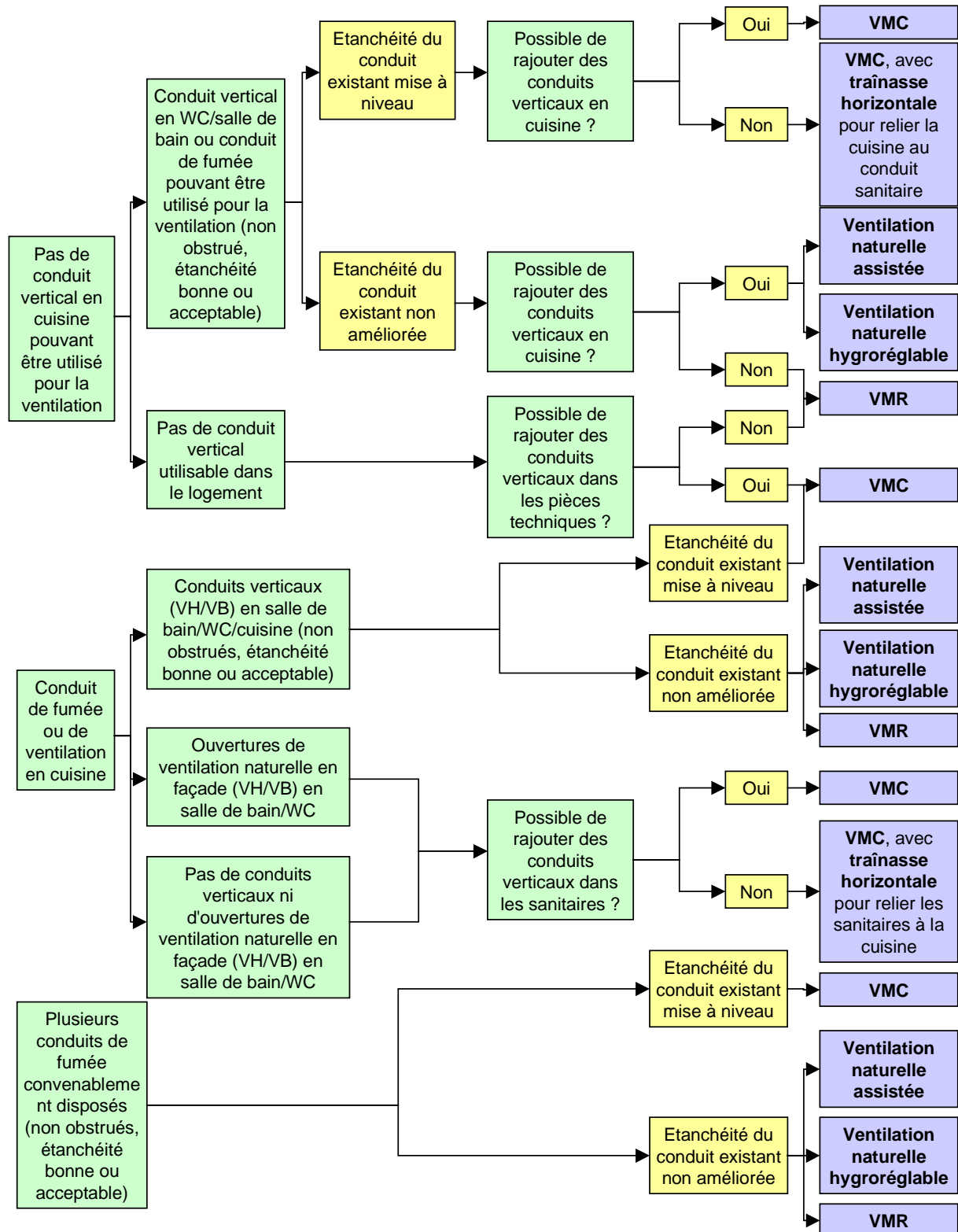
### **3.2.3. Processus de décision**

Le processus de décision dépend d'un certain nombre de critères :

- Bâti : niveau d'étanchéité (d'une façon générale, on n'installera une ventilation mécanique que sur un bâtiment d'étanchéité correcte) ; niveau d'isolation des parois (dans le cas d'un bâtiment mal isolé, les débits de renouvellement d'air devront être supérieurs aux débits réglementaires dans le neuf pour éviter les problèmes de condensation)...
- Système de ventilation existant : il est très important, puisqu'il est parfois possible d'en réutiliser des éléments. L'ensemble des principes est synthétisé dans la Figure 7, pour le logement collectif sans appareil de combustion raccordé.
- Les équipements : le système d'évacuation des produits de combustion va influencer sur le type de système de ventilation à installer.
- L'environnement : l'exposition du bâtiment au bruit et au vent sera étudiée.

### **3.2.4. Exemples**

Dans ce chapitre, on examine différentes possibilités de migration d'un système de ventilation à l'autre, pour différentes catégories de bâtiments et de locaux, suivant le type d'installation de base rencontré, en essayant de montrer à la fois les différents impacts. Les bâtiments pris en exemple sont la maison individuelle, l'immeuble collectif, le bâtiment de bureau, l'école et l'hôtel. Ces exemples sont également repris dans le guide (annexe 1).



**Figure 7 : Processus de décision pour la rénovation de système de ventilation en habitat collectif, sans présence d'appareil de combustion raccordé**

#### **4. PHASE 3 : QUANTIFICATION DES GAINS ENERGETIQUES DE LA MISE EN ŒUVRE DES AMELIORATIONS**

Pour définir ces gains, de nombreux calculs thermiques ont été réalisés à l'aide du logiciel THC 2005 V100 (et de données d'entrées adaptées à la rénovation issues des fiches CEE ventilation) sur différents bâtiments disposant de chauffage gaz ou électrique sur différents types de bâtiments et de systèmes de ventilation. Ces gains moyens ont ensuite été remis dans la perspective du parc français déterminé en phase 1 afin de déterminer les points d'actions les plus importants à entreprendre du point de vue énergétique.

Dans un premier temps, les gains énergétiques les plus importants peuvent être obtenus à l'aide de l'installation de systèmes de ventilation générale performante là où il n'y en a pas. En effet, ceux-ci touchent la part du parc français la plus importante (habitations ou écoles ne disposant pas de ventilation), les gains y sont donc rapidement conséquents et peuvent atteindre :

- 9,5 Mt CO<sub>2</sub> sur le parc des maisons individuelles
- 2,9 Mt CO<sub>2</sub> sur le parc résidentiel collectif
- 0,75 Mt CO<sub>2</sub> sur le parc des bureaux.

Cette amélioration permettrait également des améliorations de la QAI (cf. phase 1).

Il faut noter que ce potentiel important est généralement associé à des difficultés d'implantation sensibles (passage des conduits), sauf peut être en maison individuelle.

Par ailleurs, il est souhaitable avant de rénover la ventilation d'avoir réalisé une rénovation thermique et notamment amélioré l'étanchéité des bâtis.

Dans ces conditions, en logement, les systèmes hygro-réglables apparaissent du point de vue des gains comme le meilleur compromis entre le gain et la rentabilité. Le double flux haute efficacité, étudié ici uniquement en maison individuelle, est le plus performant thermiquement mais son coût d'installation, plus élevé en rénovation, ne le rend pas directement rentable sur le seul aspect thermique.

En tertiaire, il apparaît essentiel d'installer des horloges là où il n'y en a pas et d'une manière générale d'inciter à une meilleure régulation et gestion des débits et des déperditions et/ou de prévoir un échangeur pour récupérer la chaleur. En effet les modulations de débit et les récupérations d'énergie lorsque les taux de renouvellement d'air sont importants sont des solutions qui apportent des gains intéressants, leur association combinée sera elle-même intéressante à partir d'un seuil de renouvellement d'air.

L'installation de ventilateurs basse consommation apparaît aussi comme une solution qui s'impose en résidentiel lorsque l'on rénove car elle permet pour un minimum de coût (le surcoût système basse consommation par rapport à un caisson standard est faible) un gain énergétique tout en étant simple à installer. Il serait bien évidemment souhaitable d'intégrer de tels systèmes dès la conception du réseau de ventilation.



### Amélioration d'une maison individuelle

	Parc existant	Nombre logements en million (*)	Solution d'amélioration	Gain moyen de C en KWh EP/an par maison moyenne	Potentiel de gain en kt eq CO2 (**)
Maison ancienne (*)	Pas de ventilation	2,40	ventilation générale	4968	2628
	Ventilation pièce par pièce	6,31	ventilation générale	4968	<b>6895</b>
	Ventilation générale naturelle	3,76	passage en mécanique	4968	<b>4110</b>
Maison récente	Ventilation générale mécanique	2,43	VMC simple flux auto basse consommation	324	173
		2,43	VMC simple flux hygro ou double flux haute efficacité	972	519
	<b>Total Maisons Individuelles</b>	<b>17,33</b>			<b>14326</b>

### Amélioration d'un immeuble collectif

	Parc existant	Nombre de logements en million (*)	Solution d'amélioration	Gain moyen de C en KWh EP/an par logement moyen	Potentiel de gain en kt eq CO2 (**)
Immeuble ancien	Pas de ventilation	1,16	ventilation générale	2340	595
	Ventilation pièce par pièce	4,45	ventilation générale	2340	<b>2291</b>
	Ventilation naturelle par balayage	5,23	ventilation naturelle hygro ou VMC simple flux autoréglable	2340	<b>2690</b>
Immeuble récent	Ventilation générale mécanique	2,22	VMC simple flux hygro ou double flux	1885	921
	<b>Total immeuble collectif</b>	<b>13,07</b>			<b>6498</b>

### Amélioration d'un immeuble de bureaux

	Parc existant	Surface de bureaux en million de m²	Solution d'amélioration	Gain moyen de C en KWh EP/an/m²	Potentiel de gain en kt eq CO2
Tout âge	Pas de ventilation	106,2	VMC auto avec horloge	32	<b>748</b>
	VMC Auto réglable sans horloge	8,0	VMC auto avec horloge	32	56
	VMC Auto réglable avec horloge (*)	8,0	VMC modulée	7	12
	VMC DF ou CTA sans échangeur	22,1	VMC DF avec horloge	52	<b>253</b>
			VMC DF avec échangeur et/ou modulé	10	49
	VMC DF ou CTA avec échangeur	8,9	VMC DF modulé avec échangeur	7	14
		<b>Total bureaux</b>	<b>177</b>		

## **5. PHASE 4 : GUIDE DE PRECONISATIONS POUR LE DIAGNOSTIQUEUR**

Le "Guide de préconisations pour améliorer les performances des installations de ventilation dans les bâtiments existants" rédigé dans le cadre de la phase 4 figure en annexe 4.

Il rappelle en particulier les points à ne pas oublier quel que soit le contexte :

- L'amélioration de la performance de l'enveloppe est importante : l'étanchéité en particulier, mais aussi l'isolation en partie courante et les ponts thermiques.
- Il est important de raisonner en termes de système de ventilation, et non composant par composant : l'ajout d'entrées d'air en façade ne va pas assurer de renouvellement d'air s'il n'y a pas d'extraction ; de même qu'en tertiaire, la ventilation des seuls sanitaires est insuffisante pour traiter l'ensemble des locaux.
- Si l'étanchéité des conduits le permet, ils peuvent être conservés après nettoyage et remise en état (hormis les flexibles). Leur dimensionnement doit être vérifié par rapport aux besoins.
- La présence d'appareils à combustion raccordés ou non va influencer sur le choix du système en résidentiel.
- L'environnement du bâtiment (vent, qualité de l'air extérieur, bruit) doit être pris en compte.
- Le contrat de maintenance doit être revu : plus le système installé est performant (récupération de chaleur, modulation de débit), plus le niveau de maintenance nécessaire est élevé.

## **6. PHASE 5 : TRAVAUX EUROPEENS : MISE EN PLACE DE LA DIRECTIVE PERFORMANCE DES BÂTIMENTS**

Dans le cadre de la mise en application de la directive européenne sur la Performance Energétique des Bâtiments, plusieurs normes européennes ont dû être élaborées. Ces textes comprennent notamment des normes spécifiques pour l'inspection des systèmes de chauffage, de conditionnement d'air et de ventilation des bâtiments. Pour ce dernier sujet, un texte a été établi bien que la directive ne requiert explicitement que l'inspection des systèmes de chauffage et de conditionnement d'air. Néanmoins, compte tenu de l'impact de la maîtrise du renouvellement d'air des locaux sur la consommation d'énergie des bâtiments, le Comité Technique Européen de Normalisation 156 (CEN TC 156), qui traite la ventilation des bâtiments, a jugé nécessaire d'établir aussi une norme d'inspection des systèmes de ventilation.

Le projet a été préparé au sein du groupe de travail européen de normalisation CEN TC 156 WG11 et porte la référence prEN 15239. Son titre est : "*prEN 15239, Systèmes de ventilation pour les bâtiments - Performance énergétique des bâtiments - Lignes directrices pour le contrôle des systèmes de ventilation*". Du fait de la combinaison fréquente qui peut exister, notamment dans les bâtiments non résidentiels, entre les systèmes de conditionnement d'air et les systèmes de ventilation cette norme a été développée en coordination avec le développement du projet de norme prEN 15240 qui concerne l'inspection des systèmes de conditionnement d'air. Ainsi, l'inspection de la partie ventilation des systèmes de conditionnement d'air réfère au projet prEN 15239.

Le projet de norme prEN 15239 comprend dans sa partie normative une description des différentes étapes que doit comprendre le processus d'inspection des systèmes de ventilation :

- Un examen préliminaire des documentations concernant l'installation : dossiers de conception, caractéristiques techniques, besoins du bâtiment, réglages de fonctionnement, rapports de maintenance et d'inspections antérieurs ;
- L'inspection directe des systèmes, avec des aspects généraux et des aspects particuliers liés à la nature du système de ventilation : ventilation mécanique, ventilation naturelle ou ventilation hybride. Pour les systèmes de ventilation mécanique, outre l'inspection visuelle des points clés de l'installation la méthode indique les mesures à réaliser pour contrôler les débits de ventilation et la consommation électrique des ventilateurs ;

- Une proposition de pistes d'améliorations à apporter si nécessaire à l'installation pour augmenter son efficacité énergétique.

Des annexes informatives sont aussi contenues dans le projet de norme. Ces annexes proposent des formulaires pour la description synthétique des installations et le rapport d'inspection, des exemples de sélection des points de l'installation où réaliser des mesures, des périodicités de réalisation des diagnostics suivant la nature des systèmes, ainsi que les améliorations à préconiser par type de système. Une description de la façon dont les caractéristiques du système de ventilation peuvent impacter sur la consommation d'énergie du bâtiment est aussi donnée, ainsi que des éléments pour définir l'étendue de l'inspection selon des classes.

Comme pour beaucoup des projets de normes européennes développées suite à l'adoption de la Directive sur la Performance Energétique des Bâtiments, ce projet doit être finalisé à la fin du premier semestre 2007, une fois les commentaires d'ordre rédactionnel issus du vote formel recueillis et validés. La norme doit ensuite être publiée au cours du dernier trimestre 2007.

## **7. REFERENCES**

Rapport d'études n°2004016/b – Installations de ventilation dans l'existant : enjeux et propositions d'amélioration à travers les diagnostics – Phase 1 : les enjeux d'une bonne ventilation – Anne-Marie BERNARD, ALLIE AIR, 3 octobre 2005

Rapport d'études n°2415117-2 - Installation de ventilation dans l'existant : enjeux et propositions d'amélioration à travers les diagnostics – Phase 2 : synthèse et mise en valeur des solutions par type d'installation – Anne TISSOT, CETIAT, 13 janvier 2006

Rapport d'études - Installation de ventilation dans l'existant : enjeux et propositions d'amélioration à travers des diagnostics - Phase 3 : Quantification des gains énergétiques de la mise en œuvre des améliorations, Anne-Marie BERNARD, ALLIE AIR, 25 août 2006

Ventilation des bâtiments existants – Préconisations pour améliorer les performances des installations – Guide pratique - 2007

**ANNEXE 1 - RENOVATION DES INSTALLATIONS DE  
VENTILATION – EXEMPLES DE SOLUTION SUR PLUSIEURS  
BÂTIMENTS**

<b>MAISON INDIVIDUELLE : EXEMPLES DE SOLUTION</b>			
<b>Situation de Base</b>	<b>Amélioration 1 : Ventilation mécanique ponctuelle – extracteurs dans les pièces techniques</b>	<b>Amélioration 2 : Ventilation mécanique simple flux autoréglable</b>	<b>Amélioration 3 : Ventilation mécanique simple flux hygroréglable</b>
<p>Pas de ventilation Renouvellement d'air par infiltrations et ouverture des fenêtres</p>	<p><u>Actions :</u> Installations d'extracteurs dans les pièces techniques avec M/A auto ou manuel</p> <p><u>Impacts :</u> Un minimum de renouvellement d'air peut être assuré quand l'utilisateur le choisit Suivant l'exposition de la maison, les débits extraits peuvent être fortement dépendants du vent</p> <p><u>Avis :</u> Système qui ne traite que le besoin d'extraction en pièce technique et non le besoin de qualité d'air des pièces principales (séjour, chambres) Fonctionnement dépendant fortement du comportement de l'utilisateur</p>	<p><u>Actions :</u> Mise à niveau de l'étanchéité de la maison (au minimum changement des fenêtres et vérification de l'étanchéité de la porte) Entrées d'air autoréglables sur menuiseries des fenêtres des pièces principales Installation de bouches d'extraction dans pièces techniques Passage des conduits dans le logement – éventuellement conduits rénovation Installation d'un groupe VMC en combles ou grenier</p> <p><u>Impacts :</u> Meilleure maîtrise du renouvellement de l'air : maîtrise des déperditions énergétiques Qualité d'air intérieur minimale assurée</p> <p><u>Avis :</u> Meilleure maîtrise du renouvellement d'air</p>	<p><u>Actions :</u> Mise à niveau de l'étanchéité de la maison (au minimum changement des fenêtres et vérification de l'étanchéité de la porte) Entrées d'air hygroréglables sur menuiseries des fenêtres des pièces principales Installation de bouches hygroréglables Passage des conduits dans le logement – éventuellement conduits rénovation Installation d'un caisson d'extraction en combles ou grenier</p> <p><u>Impacts :</u> Maîtrise accrue du renouvellement de l'air : déperditions énergétiques réduites par rapport à la solution précédente</p> <p><u>Avis :</u> Adaptation du renouvellement d'air aux besoins ; Réduction des consommations énergétiques par rapport au simple flux autoréglable</p>

<b>IMMEUBLE COLLECTIF : EXEMPLES DE SOLUTIONS</b>				
<b>Situation de Base</b>	<b>Amélioration 1 : Ventilation naturelle hygroréglable</b>	<b>Amélioration 2 : Ventilation naturelle hygroréglable assistée</b>	<b>Amélioration 3 : Ventilation mécanique simple flux autoréglable</b>	<b>Amélioration 4 : Ventilation mécanique simple flux hygroréglable</b>
<p>Bâtiment ancien (40 ans)  R+4  Ventilation naturelle haute et basse sur façade, en cuisine, SDB et WC  Présence de plusieurs conduits de fumées individuels dans chaque appartement  Rénovation de l'enveloppe prévue</p>	<p><u>Actions :</u>  Utilisation des conduits de fumées (ramonage, vérif. Du dimensionnement) ;  Mise en place d'entrées d'air (pièces principales) et de bouches d'extraction (cuisine et sanitaires) ;  Boucher les ouvertures de ventilation haute et basse en façade ;  Eventuellement petit conduit intérieur horizontal à créer en angle de plafond entre sanitaires et conduit de fumée ;  Extracteurs statiques à placer en haut des conduits.</p> <p><u>Impacts :</u>  Economies d'énergie : maîtrise du renouvellement d'air et modulation en fonction de l'occupation</p> <p><u>Coûts :</u>  Limités (composants simples), mais intervention sur de l'existant ;  Peu d'intervention sur la structure du bâtiment.</p> <p><u>Avis :</u>  Solution peu coûteuse ;  le débit de renouvellement d'air peut s'avérer insuffisant en mi-saison.</p>	<p><u>Actions :</u>  Les actions de la solution précédente ;  Installation d'extracteurs stato-mécaniques en haut des conduits individuels (un extracteur peut desservir plusieurs niveaux) ;  Raccordements électriques des extracteurs.</p> <p><u>Impacts :</u>  Economies d'énergie : meilleure maîtrise du renouvellement d'air ;</p> <p><u>Avis :</u>  Solution hygiénique.</p>	<p><u>Actions :</u>  Utilisation des conduits de fumées – vérifier état, étanchéité (ramonage) et dimensionnement ;  Mise en place d'entrées d'air (fenêtre des pièces principales) et de bouches d'extraction (cuisine et sanitaires) ;  Détalonnage des portes ;  Boucher les VH et VB en façade ;  Réseau de conduits horizontaux à créer en combles ou sur la toiture terrasse ;  Caisson d'extraction à installer en combles ou sur toiture terrasse ;  Raccordement électrique du caisson ;  Suppression des vide-ordures individuels ;  Vérifier étanchéité des portes palières, des coffres de volets roulants.</p> <p><u>Impacts :</u>  Economies d'énergie : maîtrise du renouvellement d'air ;  Amélioration de la qualité de l'air .</p> <p><u>Coûts :</u>  Un peu plus élevé que la solution 2 (étude technique, mise en œuvre réseau horizontal dans des combles existants, ...)</p> <p><u>Avis :</u>  Maîtrise du renouvellement d'air</p>	<p><u>Actions :</u>  Idem solution 3 sauf entrées d'air et bouches hygroréglables</p> <p><u>Impacts :</u>  Economies d'énergie : meilleure maîtrise du renouvellement d'air ;  Amélioration de la qualité de l'air.</p> <p><u>Coûts :</u>  Légèrement plus élevé que la solution précédente, pour les composants hygroréglables (et caisson éventuellement différent)</p> <p><u>Avis :</u>  Solution générant plus d'économies de chauffage pour les logements que les solutions 1 à 3 ;  Le choix d'un caisson basse consommation permet en outre de réduire la consommation des communs.</p>

<b>BATIMENT DE BUREAU : EXEMPLES DE SOLUTION</b>				
<b>Situation de base</b>	<b>Amélioration 1 : Système simple flux autoréglable avec horloge</b>	<b>Amélioration 2 : Système simple flux autoréglable avec horloge, et surventilation nocturne</b>	<b>Amélioration 3 : Système DF avec récupération de chaleur + filtration performante</b>	<b>Amélioration 4 : Systèmes DF + filtration performante + modulation de débit + caisson basse conso</b>
<p>Bâtiment ancien  Petits bureaux et salles de réunion  Ventilation par ouverture des fenêtres  Extracteurs dans les toilettes  Remplacement des fenêtres prévu</p>	<p><u>Actions</u> :</p> <p>Installation des entrées d'air (bureaux et salle de réunion) et bouches d'extraction autoréglables (sanitaires et couloirs) ;  Installation de gaines rénovation (extraction couloir) ;  Installation du caisson d'extraction, raccordement électrique ;  Réseau de conduits à créer en combles ou terrasse ;  Détalonnage des portes ou installation de grilles de transfert ;  Installation d'une horloge pour couper le caisson pendant nuits et week-end</p> <p><u>Impacts</u> :</p> <p>Meilleure maîtrise du renouvellement d'air  Amélioration de la qualité d'air intérieur (surtout en zone bruyante où les fenêtres sont peu ouvertes) ;  Limitation des consommations énergétiques liées au renouvellement d'air ;  Amélioration du confort acoustique</p>	<p><u>Actions</u> :</p> <p>Comme solution 1 ;  Caisson de ventilation à deux vitesses pour assurer les débits nécessaires à la surventilation nocturne ;  Installation d'ouvertures motorisées et commandées par horloge, pour la surventilation nocturne.</p> <p><u>Impacts</u> :</p> <p>Limitation de l'utilisation du système de climatisation s'il y en a un ;  Amélioration de la qualité d'air intérieur le matin ;  Amélioration du confort thermique dans le bâtiment en été</p>	<p><u>Actions</u> :</p> <p>Installation des bouches d'extraction autoréglables (sanitaires et couloirs) et des bouches de soufflage dans les bureaux et salles de réunion ;  Installation de gaines rénovation en faux plafond – extraction et soufflage  Démontage du système existant pour sanitaires ;  Installation du caisson de ventilation avec filtration de l'air soufflé, raccordement électrique ;  Réseaux de conduits à créer en combles ou terrasse ;  Détalonnage des portes ou installation de grilles de transfert ;  Installation d'une horloge</p> <p><u>Impacts</u> :</p> <p>Meilleure maîtrise du renouvellement d'air ;  Amélioration du confort thermique (air neuf préchauffé)</p>	<p><u>Actions</u> :</p> <p>Comme solution 3 ;  Caisson de ventilation basse conso + filtration performante de l'air neuf ;  Prévoir dégivrage air neuf ;  Modulation de débit par détection de présence (optique) dans les bureaux et comptage dans les salles de réunion (optique ou CO<sub>2</sub>), actionneurs, régulateurs de débit dans les réseaux.  grille fixe dans les salles de réunion ;  Installation d'une horloge</p> <p><u>Impacts</u> :</p> <p>Consommation électrique optimisée (caisson basse conso + modulation) ;  Déperditions thermiques réduites (modulation)</p>



	<p><u>Coûts</u> :</p> <p>Cahier des charges relativement élaboré ;  Fenêtres avec réservation pour entrées d'air ;  ;   Changement ou modification des portes</p> <p><u>Avis</u> :</p> <p>Attention aux passages des conduits ;  Conséquences sur la consommation de chauffage variables, suivant l'ouverture des fenêtres ;  Prévoir maintenance</p>	<p><u>Coûts</u> :</p> <p>Nécessité d'un caisson de ventilation, à deux débits très différents ;  Nécessité d'ouvertures dans les façades pour compenser l'extraction nocturne.</p> <p><u>Avis</u> :</p> <p>L'effet de la surventilation dépend de l'inertie "intérieure", du débit nocturne et de la température extérieure la nuit ;  Attention à la consommation des ventilateurs la nuit ;  Attention à la fraîcheur dans les locaux le matin.</p>	<p>Amélioration de la QAI (surtout en zone bruyante où les occupants ouvrent peu les fenêtres) ;  Limitation des consommations énergétiques liés au renouvellement d'air ;  Amélioration du confort acoustique (isolement de façade) – attention au bruit transmis du système.</p> <p><u>Coûts</u> :</p> <p>Cahier des charges élaboré ;  Intervention sur la structure du bâtiment ;  Changement ou modification des portes</p> <p><u>Avis</u> :</p> <p>Attention aux passages des conduits ;  Prévoir maintenance filtre ;  Attention aux consommations électriques des ventilos</p>	<p>Amélioration de la qualité d'air intérieure (filtration performante) ;  Amélioration du confort thermique (soufflage à température proche de l'ambiance) ;  Amélioration du confort acoustique (isolement de façade) attention au bruit transmis du système</p> <p><u>Coûts</u> :</p> <p>CDC élaboré ;  Intervention sur la structure du bâtiment ;  Changement ou modification des portes ;  Matériel : coûts du caisson basse conso + caisson de filtration + capteurs modulation + régulation</p> <p><u>Avis</u> :</p> <p>Passages de conduits ;  Attention à l'étanchéité du bâtiment ;  Prévoir maintenance filtre ;  Prévoir maintenance système modulation</p>
--	---	---	--	--

<b>ECOLE 1 : EXEMPLES DE SOLUTION</b>		
<b>Situation de Base</b>	<b>Amélioration 1 : Ventilation double flux , modulation de débit en fonction de l'occupation</b>	<b>Amélioration 2 : Ventilation double flux haute efficacité de récupération – Modulation de débit en fonction de l'occupation – Accessoires à joints</b>
<p>Bâtiment d'un seul niveau avec toiture terrasse  5 Salles de classes concernées par le projet, avec sanitaires attenants  Pas de ventilation  Fenêtres simple vitrage (remplacement prévu)</p>	<p><u>Actions</u> :</p> <p>Création de faux-plafond pour intégrer des réseaux terminaux et les bouches d'insufflation et d'extraction ;  Bouches d'insufflation dans les salles de classe, bouches d'extraction dans les salles de classes et dans les sanitaires attenants ;  Modulation par détection de présence ou capteurs CO<sub>2</sub> : capteurs dans les salles de classes, actionneurs, registres dans les réseaux ;  Caisson double flux en terrasse ;  Réseaux d'extraction et d'insufflation à créer et à isoler ;  Attention particulière au contrat de maintenance (filtres notamment)</p> <p><u>Impacts</u> :</p> <p>Economies d'énergie : récupération sur l'air extrait, horloge ;  Amélioration de la qualité de l'air ( filtration de l'air insufflé) ;  Confort acoustique accru vis-à-vis de l'extérieur</p> <p><u>Coûts</u> :</p> <p>Etude, matériel et mise en œuvre (y compris faux plafonds)</p> <p><u>Avis</u> :</p> <p>Meilleur confort (thermique et acoustique) (attention au bruit des bouches dans les classes) par rapport à la situation initiale ;  Economies d'énergie pour le renouvellement d'air (attention aux consommations des deux ventilateurs) par rapport à l'ouverture des fenêtres dans le cas de base ;  La maintenance doit être soignée.</p>	<p><u>Actions</u> :</p> <p>Comme amélioration 1 ;  En plus, centrale double flux haute efficacité ;  En plus, accessoires de conduits à joints ;  Contrat de maintenance</p> <p><u>Impacts</u> :</p> <p>Idem amélioration 1 ;  Economies d'énergie plus importantes : efficacité de la Récupération, modulation suivant l'occupation.</p> <p><u>Coûts</u> :</p> <p>Plus élevés que l'amélioration 1 (composants plus performants et système de modulation des débits)</p> <p><u>Avis</u> :</p> <p>Idem amélioration 1, avec gains énergétiques plus importants ;  L'étanchéité accrue des réseaux d'air est aussi un atout pour la qualité du fonctionnement du système dans le temps (la qualité des accessoires classique doit être adaptée, notamment à l'extérieur).</p>

## ANNEXE 2 - GUIDE