

Choix de stratégie de ventilation des locaux d'enseignement en climat méditerranéen

Aide à la décision et bonnes pratiques pour la ventilation hygiénique



Ecole Bouc-Bel-Air, Architecte: Adrien Champsaur Architecture et associés



>Sommaire

Remerciements	1
Introduction	2
Lexique et abréviations	2
Quel Débit ou Objectif de qualité d'air à tenir ?	3
Quelles caractéristiques d'usage du local et des installations ?	5
Intérêt des différentes solutions de ventilation	6
Quel(le)s contraintes et atouts environnementaux(ales) pour le local ?	7
Quelles caractéristiques architecturales du local ?	12
Quelles recommandations de dimensionnement et de mise en oeuvre suivant la solution retenue ?	14
Bibliographie – ressources :	16

>Remerciements

Ils ont alimenté les réflexions en participant à ce groupe de travail, nous tenons à les remercier sincèrement.

William Martin, IQE Concept

Pierre-Eric Fouchier, EODD Ingénieurs conseils

Mathieu Faureau, Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur

Marie Kobler, EnvirobatBDM

Nicolas Guignard, EnvirobatBDM

Jean-Baptiste Sarfati, OASIIS

Robert Celaire, Robert Celaire Consultants

Vincent Priori, INDDIGO

Hervé Carloz, ECOGIA

Frédéric Dulcère, Conseil départemental des Bouches du Rhône

Madeleine Rocchia, Renson

Perrine Degueurse-Meny, EnvirobatBDM

Rédaction confiée à M. William Martin, IQE Concept.

> Introduction

Une bonne qualité de l'air intérieur aura des effets bénéfiques sur la santé. C'est un des paramètres du bâtiment sain et durable, avec la qualité acoustique, l'éclairage, le confort hygrothermique, et la qualité de l'eau. Le renouvellement de l'air est une façon efficace de réduire les concentrations de polluants et maintenir une bonne qualité de l'air dans les locaux. Les locaux scolaires présentent une occupation annuelle inférieure à 20 % dans la majeure partie des cas, mais avec une intensité d'usage très importante et variable. Une occupation plus importante est constatée dans le cas d'une mutualisation, notamment en période de vacances scolaires, avec des accueils de loisirs ou centres aérés. Cela peut se produire régulièrement pour les équipements communaux.

Le présent document vise à aider les décideurs, maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre à la mise en place d'un pré-diagnostic ayant pour objectif d'initier les premières réflexions relatives à la ventilation.

L'objectif principal de ce document est de répondre aux différents enjeux et impacts de la ventilation :

- assurer un niveau de qualité d'air intérieur suffisant et satisfaisant pour la santé des usagers,
- maintenir les conditions de confort hygrothermique,
- maîtriser les dépenses d'énergie en lien avec ce renouvellement d'air,
- maîtriser le coût d'entretien et maintenance.

→ Ces éléments sont à prioriser par le maître de l'ouvrage.

Il s'agit donc d'une démarche d'interrogation multifactorielle et rétroactive, chacune des questions pouvant et devant être posée à chaque phase d'avancement du projet.

> Lexique et abréviations

RSDT : Règlement Sanitaire Départemental Type

ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers – traduit par : *Association américaine des professionnels du chauffage, refroidissement et conditionnement d'air*

CIBSE : Chartered Institution of Building Services Engineers - traduit par : *Ordre des ingénieurs en équipements techniques des bâtiments*

NBN D50 001 : Norme du Bureau de Normalisation Belge relative aux dispositifs de ventilation dans les bâtiments d'habitation.

Norme NF EN 13779 : norme européenne relative à la Ventilation dans les bâtiments non résidentiels - Exigences de performances pour les systèmes de ventilation et de conditionnement d'air annulée le 18/11/2017 et remplacée par la **NF EN 16798-3 Août 2017** relative à la Performance énergétique des bâtiments - Ventilation des bâtiments - Partie 3 : pour bâtiments non résidentiels - Exigences de performances pour les systèmes de ventilation et de climatisation (Modules M5-1, M5-4)

LAeq : niveau sonore mesuré pondéré exprimé en dB

Indice ISA : Indice Synthétique Air (ISA) - agrégation des concentrations annuelles en [PM10](#), [NO₂](#) et [O₃](#)

VN : Ventilation Naturelle

SFI : ventilation mécanique Simple Flux par Insufflation

SFE : ventilation mécanique Simple Flux par Extraction

DF : ventilation mécanique Double Flux

> Quel Débit ou Objectif de qualité d'air à tenir ?

Agissant sur la concentration et la santé des usagers, la qualité de l'air intérieur est un facteur clé des conditions sanitaires des locaux. Il est donc nécessaire de travailler sur la ventilation et le renouvellement d'air. Dans le cas particulier des locaux d'enseignement, des données réglementaires existent. Il est impératif d'avoir connaissance de ces objectifs minimum réglementaires qu'il s'agira de respecter, voire de dépasser.

S'en tenir au RSDT ?

Le RSDT fixe des valeurs minimales pour les locaux d'enseignement, que l'on est tenu de respecter :

Destination des locaux	Débit d'air neuf en m ³ .h par occupant
Locaux d'enseignement : classes, salles d'études, laboratoires, (à l'exclusion de ceux à pollution spécifique) maternelle, primaire et secondaire du 1er cycle	15
Locaux d'enseignement : classes, salles d'études, laboratoires, (à l'exclusion de ceux à pollution spécifique) secondaire du 2e cycle et universitaire	18
Locaux d'enseignement : classes, salles d'études, laboratoires, (à l'exclusion de ceux à pollution spécifique) ateliers	18

Ramener le débit à une valeur fixe - uniforme, quel que soit l'usage (tertiaire), hors hébergement :

En France, dans d'autres typologies de bâtiment, le débit requis est différent. De même, dans les autres pays, les débits d'air neuf préconisés peuvent différer de manière importante. Le tableau ci-dessous présente quelques exemples. Afin de garantir une meilleure qualité de l'air, une augmentation du débit minimal peut ainsi être étudiée.

France	Grande Bretagne	USA	Belgique
RSDT 78	CIBSE	ASHRAE	NBN D50 001
25 m ³ /h	29 m ³ /h	29 m ³ /h	32 m ³ /h

Mais, ces exigences sont traditionnellement fondées sur la seule occupation des locaux et les pollutions liées à cette occupation (en particulier, le rejet de CO₂). **L'évolution de l'ASHRAE (62.2 P) est significative quant à la prise en compte renforcée des pollutions liées au bâti.**

Pour les débits de ventilation dans les bâtiments non résidentiels et non industriels, la norme **EN 13779** semble être une bonne solution. Cette norme recommande des niveaux de qualité d'air intérieur se traduisant par des débits de ventilation supérieurs aux réglementations françaises, suivant le niveau de qualité d'air recherché.

Les débits préconisés sont les suivants (norme EN13779) :

Niveau de qualité d'air	Débit d'air neuf par pers. (valeur par défaut)	Débit d'air neuf par pers. (plage type)
Qualité d'air intérieur excellente (niveau ambiant de CO ₂ < 400 ppm au dessus du niveau extérieur)	72 m ³ /h	> 54 [m ³ /h.pers]
Qualité d'air intérieure moyenne (niveau ambiant de CO ₂ < 400-600 ppm au dessus du niveau extérieur)	45 m ³ /h	de 36 à 54 [m ³ /h.pers]
Qualité d'air intérieure modérée (niveau ambiant de CO ₂ < 600-1000 ppm au dessus du niveau extérieur)	29 m ³ /h	de 22 à 36 [m ³ /h.pers]
Qualité d'air intérieure basse (niveau ambiant de CO ₂ > 1000 ppm au dessus du niveau extérieur)	18 m ³ /h	< 22 [m ³ /h.pers]

Cette norme intègre également des exigences plus contraignantes pour les classes de filtres de l'air soufflé.

Concernant la **qualité des filtres**, la norme NF EN 13779 impose les classes suivantes :

Qualité de l'air neuf	Qualité de l'air intérieur			
	excellente	moyenne	modérée	basse
Air pur susceptible de n'être que temporairement poussiéreux (pollen)	F9	F8	F7	F5
Air neuf avec une concentration importante de particules et/ou de polluants gazeux	F7+F9	F6+F8	F5+F7	F5+F6
Air neuf avec une concentration très élevée de polluants gazeux et/ou de particules	F5+GF+F9*	F5+GF+F9*	F5+F7	F5+F6

*La norme EN 13779 distingue les filtres grossiers G, classés de G1 à G4 selon la proportion de particules qu'ils retiennent et les filtres fins F, classés de F5 à F9. Plus le chiffre est élevé, meilleure est la filtration. GF : filtre moléculaire ou filtre absolu.

La norme EN 13779, annulée depuis novembre 2017, a été remplacée par la norme NF EN 16798-3 Août 2017.

Cette dernière définit les caractéristiques de filtration à tenir pour un niveau de qualité d'air intérieur (SUP) en fonction d'un niveau de qualité d'air extérieur (ODA), MAIS ne définit pas de débit de renouvellement d'air.

En attendant une évolution des règles (qui datent de 1978, même si elles ont été modifiées en 1983), et une application de la norme NF EN 16798-3 Août 2017, nous proposons de retenir comme débits :

- **Non résidentiel classique (bureaux, enseignement) : au moins 30 m³ /h.personne et 1 volume/heure**
- **avec un objectif tendant vers 45 m³/h.personne ET supérieur à 1 vol/h.**
- **Et un niveau de qualité d'air intérieur moyen à modéré (niveau ambiant de CO₂ < 400-1000 ppm au dessus du niveau extérieur).**

> Quelles caractéristiques d'usage du local et des installations ?

La solution de ventilation doit être adaptée selon les usagers, les intendants et responsables de l'entretien et de la maintenance des locaux d'enseignement. Il semble donc important d'intégrer les différents acteurs à la réflexion, dans une approche participative et le contexte humain.

A minima, les points suivants devraient être pris en compte :

> Quelles sont les attentes des usagers en termes de confort thermique et leur acceptation :

Bande de confort / température mesurée :

> Quelle est la fréquence et le taux d'occupation du local suivant les périodes de chauffage ou de « rafraîchissement » ?

> Si vous envisagez la ventilation naturelle, avez-vous pensé à :

- La possibilité d'intervention des usagers sur les installations de l'enveloppe (trappe ou fenêtre) :
 OUI – NON
- Le souhait d'intervention des usagers sur les installations de l'enveloppe (trappe ou fenêtre) :
 OUI – NON
- Le souhait des usagers de pouvoir ouvrir les fenêtres :
 OUI – NON

> Si vous envisagez la ventilation mécanique, avez-vous pensé à :

- L'accessibilité des équipements pour entretien maintenance :
 OUI – NON
- La capacité des usagers à entretenir et maintenir les installations :
 OUI – NON
- La capacité technique ou financière et la prise en compte du coût d'entretien et de maintenance de ces installations :
 OUI – NON

> Intérêt des différentes solutions de ventilation.

Ce tableau vise à résumer l'intérêt des différentes solutions au regard des objectifs visés.

	VN	SFE	SFI	DF
Possibilité de traiter thermiquement le local par l'air, et surtout filtrer ou améliorer la qualité de l'air neuf.			X	X
Possibilité de traitement de l'air neuf à la sortie de la centrale d'air (CTA simple flux) avec préchauffage ou rafraîchissement de l'air neuf via batterie, ou échangeur adiabatique en été			X	X
Possibilité de tempérer l'air neuf via un échangeur sol/air			X	X
Possibilité de tempérer l'air neuf via un espace tampon solarisé	X	X	X	X
Possibilité de récupérer des calories sur air/extrait par simple échangeur				X
Possibilité de récupérer des calories sur air/extrait par pompe à chaleur		X		X
Possibilité de traiter par transfert d'air les locaux adjacent (circulations ou commun)	X	X	X	X
Grande liberté dans l'ouverture des fenêtres	X	X	X	
Faible liberté dans l'ouverture des fenêtres, sauf à mettre en place différents capteurs et automates de régulation et de pilotage pièce par pièce (ou bouche par bouche) du renouvellement d'air par la CTA				X
Possibilité d'envisager l'extraction par un réseau mis en dépression au moyen d'un extracteur statique (stato-éolien), d'un extracteur hybride (stato-mécanique), ou d'un extracteur 100% mécanique		X		
Possibilité de doubler la ventilation hygiénique et la ventilation de confort (freecooling et surventilation nocturne) à moindre coût	X			
Ne nécessite pas de placard ou local technique voire plusieurs	X			
Ne génère pas d'encombrement dans les plafonds	X			

> Quels contraintes et atouts environnementaux pour le local ?

Le contexte urbain ou environnemental peut lui aussi varier fortement d'une situation à l'autre. Il semble donc essentiel d'adopter une solution qui ne se fera pas au détriment d'un confort plutôt que d'un autre. Les critères suivants, non exhaustifs, seront donc à interroger :

> Impact principal sur l'amenée d'air neuf

- Confort acoustique : quel est le niveau de bruit en pied de façade :

Il est important de prendre en compte l'exposition au bruit au pied de la façade où se fera la prise d'air. Cette précaution vise à proposer un dispositif qui garantira un bon confort acoustique. Ce tableau présente l'intérêt de chaque solution en fonction du niveau sonore ambiant moyen :

LAeq (6h-22h)	< 58 dB				< 64db				> 68 dB			
Quelles solutions	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF
Degré de pertinence	XX	X	X		X	X	X	X		X		XX

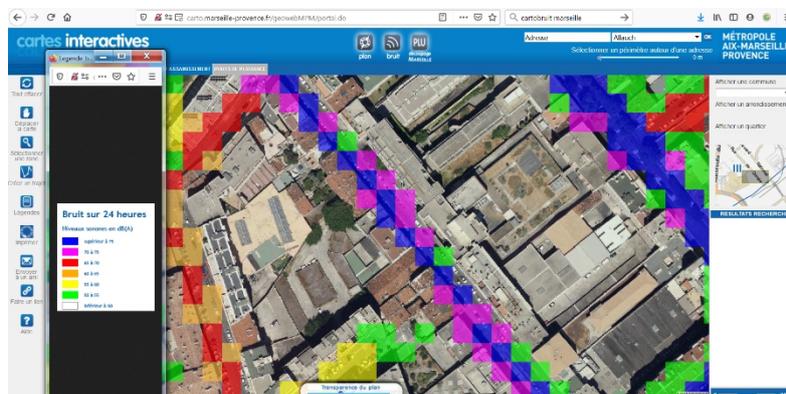
Cette notion peut également être abordée de différentes manières :

- Quel est le classement des infrastructures ?
- Distance source sonore ou niveau d'exposition des façades (cf. classement des baies)
- La présence d'écran acoustique par rapport à la source existe-t-il ? OUI NON ? Quelle sont les possibilités de le réaliser ? Quel est le gain escompté sur le niveau sonore global ?

Le niveau sonore peut être déterminé soit :

- par campagne de mesure à réaliser par un acousticien
- sur internet ou bien Plan d'exposition au bruit (geoportail)

En exemple ci-dessous : <http://carto.marseille-provence.fr/geowebMPM/portal.do>



Pour information un bâtiment est classé « point noir » dans le cas d'un plan de prévention du bruit dans l'environnement si :

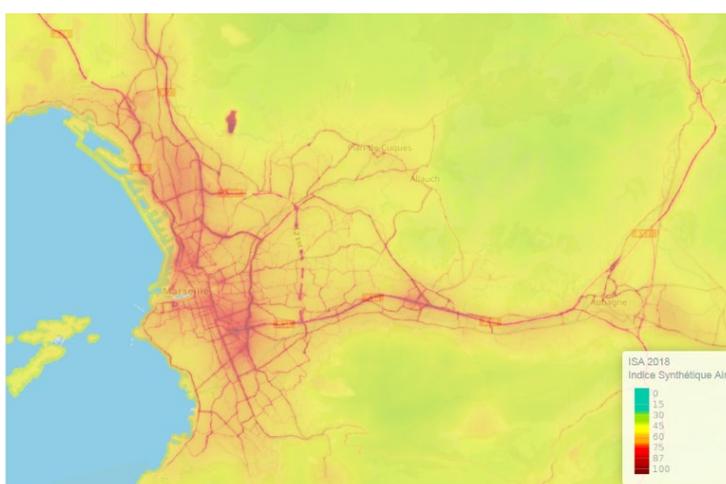
Valeurs limites relatives aux contributions sonores dB(A) en façade (si une seule de ces valeurs est dépassé, le bâtiment peut être qualifié de point noir)			
Indicateurs de bruit	Route et/ou LGV exclusivement dédiée TGV > 250 km/h	Voie ferrée conventionnelle	Cumul route et/ou LGV voie ferrée conventionnelle
LAeq (6h-22h)	70	73	73
LAeq (22h-6h)	65	68	68
Lden	68	73	73
Lnuit	62	65	65

Source : DREAL – plan prévention du bruit.

- Santé : quel est le niveau de pollution de l'air extérieur (en pied de façade) :

Il est important de prendre en compte la présence de polluants au niveau de la façade où se fera la prise d'air. Ce tableau présente l'intérêt de chaque solution en fonction de la qualité de l'air. En effet, selon les polluants présents de la zone à traiter, certains dispositifs ne seront pas pertinents. L'indice ISA permet une approche quantifiée et dont la source est facilement accessible. Le tableau suivant propose la mise en place des dispositifs de ventilation en rapport avec l'indice ISA :

Indice ISA	<50				<70				>70			
	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF
Quelles solutions												
Degré de pertinence	XX		XX		X	X	X	X		XX		XX



Source : <https://www.atmosud.org/>

La végétation peut également avoir un impact sur la santé et notamment les allergies, en fonction des essences qui sont présentes dans l'environnement proche (ex : cyprès, bouleaux, graminées, chênes, ...). La solution de ventilation mise en place doit prendre en compte cette dimension et permettre de maîtriser cette éventuelle nuisance.

Présence de végétation (en pied de façade ou à proximité immédiate)	Faible potentiel d'émission de pollen (grande diversité)				Potentiel d'émission de pollen moyen				Fort potentiel d'émission de pollens			
	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF
Quelles solutions												
Degré de pertinence	XX		XX		X	X	X	X		XX		XX

- Confort thermique : quelles sont les caractéristiques climatiques :

Les caractéristiques climatiques régionales sont très variables et induisent de fortes contraintes. Celles-ci doivent nécessairement être prises en compte pour évaluer d'une part le risque d'inconfort thermique potentiel lié au renouvellement d'air, et d'autre part les consommations d'énergie potentielles. Les différentes solutions présentent ainsi un intérêt variable en fonction de la rigueur hivernale ou estivale. Cette dimension peut être évaluée de deux manières.

> Thermique d'hiver

Nombre d'heures durant occupation (7h à 19h) avec $T_{ext} < 5^{\circ}C$	< 50h				< 200h				> 200h			
	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF
Quelles solutions												
Degré de pertinence	XX	X	XX		X	XX	X	X		X		XX

ou

DJU base 18 - 01/11 - 30/04	<1600				1600> et <2000				>2000			
	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF
Quelles solutions												
Degré de pertinence	XX	X	XX		X	XX	X	X		X		XX

> Thermique d'été

Nombre d'heures durant occupation (de 07h -19h) avec $T_{ext} > 27^{\circ}C$	< 50h				< 200h				> 200h			
	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF
Quelles solutions												
Degré de pertinence	XX	X	X		X	XX	X	X		X		XX

Ou

DJU base 26	< 00				> 00 et <50				> 50			
	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF
Quelles solutions												
Degré de pertinence	XX	X	X		X	XX	X	X		X		XX

Ces critères ou valeurs cibles sont à prendre en compte et réinterroger en fonction aussi de l'exposition au vent ou de l'ensoleillement.

> Exemple analyse des températures DJU - moyennes sur la période 2009-2019 :

Ville	Cannes	Nice	Embrun	Saint - Auban	Marseille	Montélimar	Aix en Pce	Nîmes
DJU <18 (du 01/11 au 30/04)	1260	1125	2186	1793	1248	1633	1528	1403
DJU >26 (du 01/05 au 30/06 et du 01/09 au 30/10)	13	69	10	22	27	25	32	41

Source : <https://ceqibat.qrdf.fr/simulateur/calcul-dju>

- Quelles sont les caractéristiques aérauliques et vents :

La vitesse moyenne des vents est également importante à intégrer dans le choix de la stratégie de ventilation. Une façade trop exposée ou à l'inverse trop protégée pourrait ne pas garantir le brassage d'air adéquat et créer de l'inconfort. Il est donc important d'appréhender la vitesse de vent sur les façades afin de retenir le bon dispositif de ventilation.

Vitesse moyenne du vent	<3m/s				>3m/s et <6m/s				> 6m/s			
	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF
Quelles possibilités												
Degré de pertinence	X	XX	XX		XX	X	XX	X	XX		X	XX

Sources :

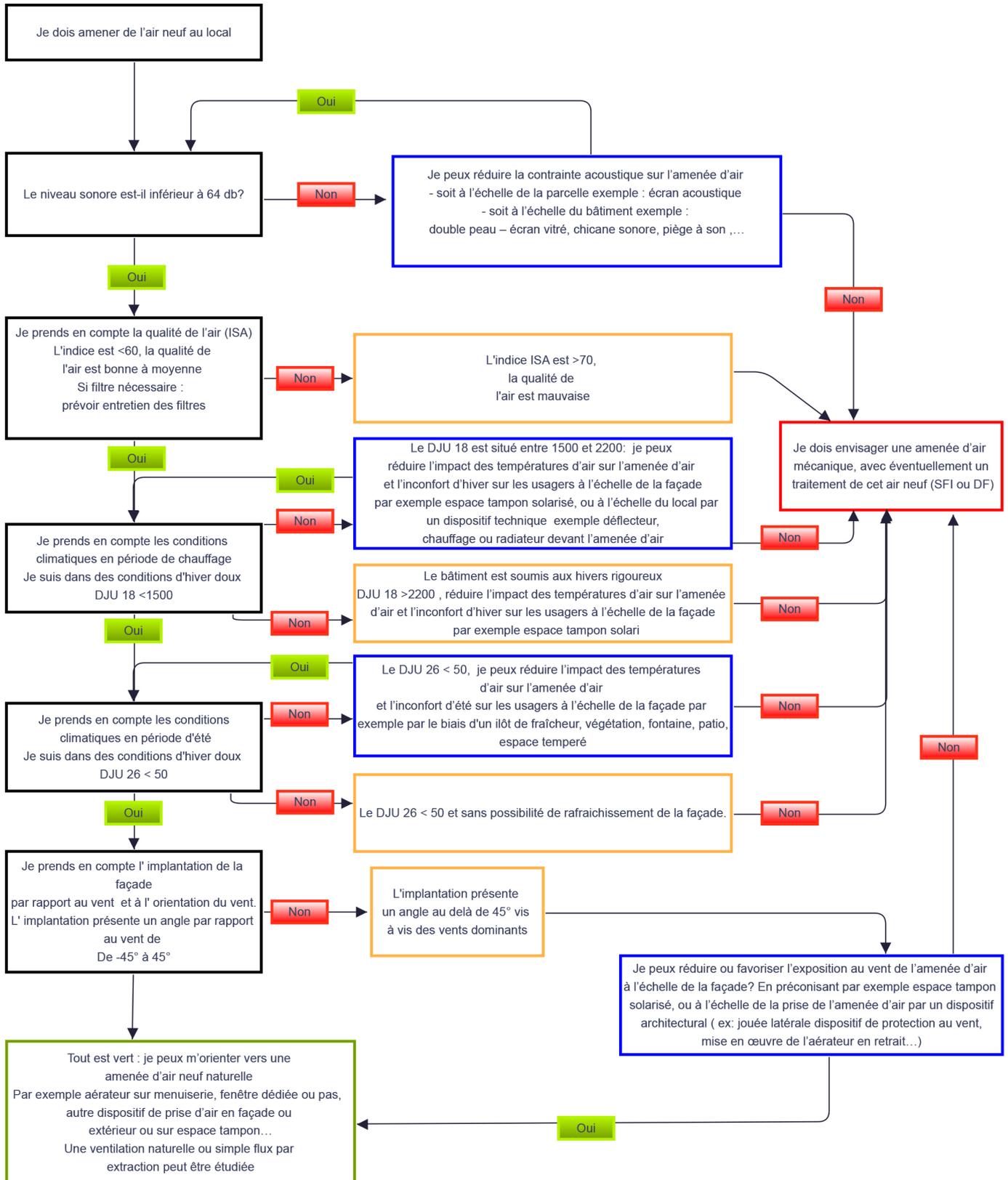
- <https://donneespubliques.meteofrance.fr>
- <https://fr.windfinder.com/windstatistics>
- <https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled>

- Quelles sont les composantes aérauliques locales :

On pourra analyser plus finement les différentes caractéristiques :

- - Brise de terre ou brise de mer : OUI - NON / Direction
- - Brise de vallée : OUI - NON / Direction
- - Présence d'obstacle ou de filtre au vent dominant : OUI - NON

→ Les données aérauliques ont pour intérêt d'indiquer à la fois les contraintes et le potentiel du vent comme moteur d'une ventilation sur les façades, ou en toiture.



> Quelles caractéristiques architecturales du local ?

Que vous soyez dans le cadre d'une réhabilitation ou d'une construction neuve, les partis pris architecturaux vont influencer fortement les choix et possibilités en termes de ventilation. L'implantation du bâtiment dans son contexte (parcelle et urbain) a une forte incidence. Il en est de même pour la morphologie, le système distributif et les modes constructifs suivant les contraintes réglementaires des locaux.

> Impact principal sur l'extraction d'air vicié au regard de la simplicité de mise en œuvre.

- Interroger la morphologie du bâtiment :

Ratio profondeur façade à façade / hauteur sous plafond : < 5 : OUI : VN Possible. Non : VN impossible

Hauteur sous plafond	< 2,80m				>2,80 et < 3,20 m				> 3,20m			
	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF
Quelles solutions	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF
Simplicité de mise en œuvre	XX	X	X	X*	XX	X	X	X	XX	XX	XX	XX

* possible s'il s'agit d'installation de type double flux individualisée.

- Quel est le mode de distribution des locaux :

Distribution des locaux	Couloir central				Couloir en façade (J. Ferry)				Coursives			
	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF
Quelles solutions	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF	VN	SF I	SF E	DF
Simplicité de mise en œuvre		XX	XX	X	X	XX	XX	X	XX		X	

- Couloir central : un seul réseau est moins encombrant que deux réseaux à croiser.
- Couloir sur extérieur : idem. Efficacité d'un seul réseau en SFI ou SFE.
- Coursive : éviter de faire circuler les réseaux de local à local (pont phonique). Simplicité pour la VN.

- L'implantation et l'orientation :

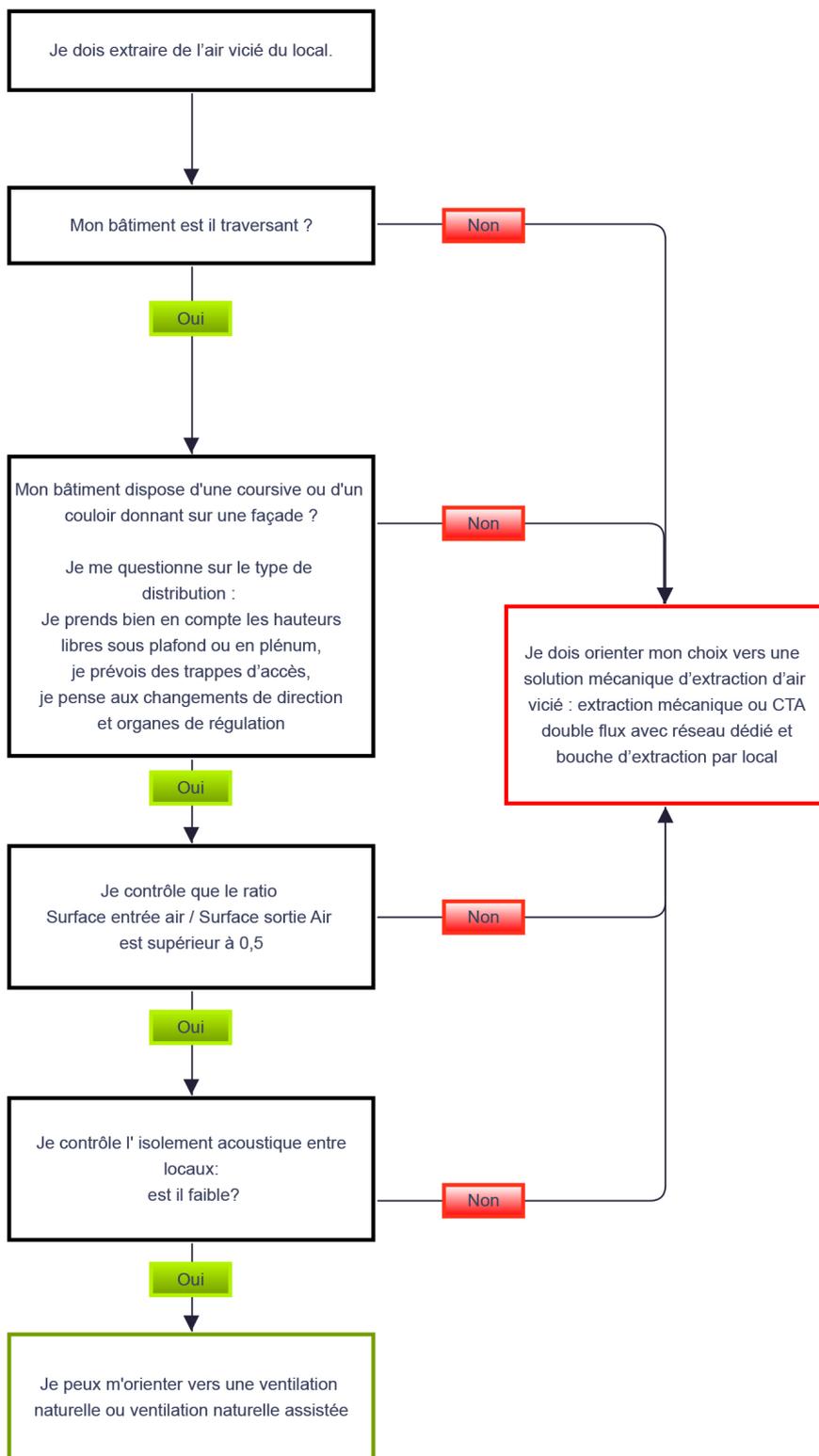
- Quelle est l'orientation de la façade principale par rapport au vent dominant :
- Angle d'incidence du vent par rapport à la façade : au-delà de -45 ou +45°C de -45 à +45°
- Potentiel de transversalité ou double orientation : OUI – NON
- Possibilité de transversalité façade à toiture : OUI – NON
- Ratio ouvrant entrée air (VB ou au vent) ratio ouvrant sortie air (VH ou sous le vent)

- Quelles sont les contraintes incendie et principe de sécurité incendie :

- Cloisonnement traditionnel
- Canton de <300m² à 500 m².
- Degré coupe-feu des parois séparatives

- Contraintes techniques :

- Cheminement et hauteur libre pour intégration des réseaux de ventilation
- Présence de ponts phoniques et de cloisonnement par rapport à la sécurité incendie
- Dimension des réseaux éventuels suivant débit retenu (afin d'assurer en tout point une vitesse d'air inférieur à 3m/s dans le réseau.



La transversalité peut être :

- De façade à façade
- De façade à patio

De façade à toiture via une cheminée, un puits de lumière, ou une gaine verticale dédiée par salle...

La transversalité de façade à façade est caractérisée par un ratio : profondeur de façade à façade / hauteur sous plafond < 5

Quel type de distribution est envisagée :

Coursive / Couloir en façade / Couloir central

Quel contrainte réglementation feu :

Cloisonnement traditionnel /

Compartiment avec désenfumage des circulations.

Mon bâtiment dispose d'une coursive ou d'un couloir donnant sur une façade ?

Je me questionne sur le type de distribution :

Je prends bien en compte les hauteurs libres sous plafond ou en plénum, je prévois des trappes d'accès, je pense aux changements de direction et organes de régulation

Je dois orienter mon choix vers une solution mécanique d'extraction d'air vicié : extraction mécanique ou CTA double flux avec réseau dédié et bouche d'extraction par local

> Quelles recommandations de dimensionnement et de mise en œuvre suivant la solution retenue ?

Le tableau ci-dessous vise à synthétiser quelques recommandations, non exhaustives, en fonction de la solution retenue. Nous rappelons toutefois que chaque projet dispose de ses spécificités et qu'il est nécessaire d'assurer un accompagnement par un professionnel compétent.

Solutions de ventilation	VN	SFE	SFI	DF
Niveau d'étanchéité à l'air de l'enveloppe élevé		X	X	X
Entrée et sortie d'air calibrées.	X	X	X	X
Aérateur à minima auto réglable avec débit obtenu pour une différence de pression réduite à 2Pa.	X			
Aérateur à minima auto réglable avec débit obtenu pour une différence de pression réduite de 2Pa à 10Pa.	X	X	X	
Surface minimum d'ouvrant en entrée d'air et sortie d'air.	X	X	X	
Ratio ouvrants entrée / sortie.	X			
Position entrée d'air et sortie d'air : pression façade due au vent	X	X	X	
Position entrée d'air et sortie d'air : hauteur pour tirage thermique	X			
Possibilité d'ouvrant et prise en compte du risque intrusion : dispositif spécifique ou intégré aux menuiseries (grilles, moustiquaires, pare pluie, anti-intrusion)	X			
Disposition d'entrée d'air et sortie d'air avec "piège à son" à très faible perte de charge	X	X	X	
Inconfort d'hiver à éviter : orientation du flux de l'entrée d'air	X	X		
Maitriser la vitesse d'air au soufflage et éviter l'inconfort pour les usagers.			X	X
Faible liberté dans l'ouverture des fenêtres, sauf à mettre en place différents capteurs et automates de régulation et de pilotage pièce par pièce (ou bouche par bouche) le renouvellement d'air par la CTA				X
Nettoyage régulier des entrées d'air (à maintenir accessibles)	X	X		
Dimensionnement et cheminement du réseau pour éviter nuisances acoustiques et ponts phoniques.		X	X	X
Eviter les pertes de charges avec des vitesses d'air inférieures à 3m/s en gaine de reprise		X		X
Eviter les pertes de charges avec des vitesses d'air inférieures à 3m/s en gaine de soufflage			X	X
Accessibilité pour entretien et nettoyage du réseau et des bouches ou grilles d'extraction		X		X
Accessibilité pour entretien et nettoyage du réseau et des bouches ou grilles d'insufflation			X	X
Position des bouches pour permettre un balayage du local simple et efficace		X	X	X
Préoccupation forte de la qualité des diffuseurs d'air et de leur conception, implantation, avec étude de diffusion			X	X
Possibilité d'envisager l'extraction par un réseau mis en dépression au moyen d'un extracteur statique (stato-éolien), hybride (stato-mécanique), ou 100% mécanique		X		
Position et encombrement de la centrale accessible pour entretien et maintenance.		X	X	X
Remplacement des filtres			X	X
Position et encombrement du piège à son sur l'amenée d'air à la centrale			X	X
Position et encombrement du piège à son sur le rejet d'air vicié de la central		X		X

> En Résumé :

Quelle que soit la solution technique retenue, il est important de définir et retenir la méthode de régulation de l'amenée d'air neuf ou d'extraction d'air vicié la plus adaptée, au regard de l'investissement possible et de la simplicité d'entretien et de maintenance.

Dans le cas de mécanismes de régulation sur sonde, il est important de définir le type de données ou d'indice mesuré suivant la contrainte : COV - CO₂ - Température.

Il faut être vigilant au choix de ces sondes, en termes d'efficacité de besoin d'étalonnage et de durée de vie. Il faut aussi être vigilant à leur emplacement, dans l'ambiance, plutôt que dans la gaine (parfois non irriguée).

Dans le cas de locaux à occupation régulière, présentant une simplicité d'usage et de régulation, le pilotage (ou fonctionnement sur horloge) est une solution adaptée. Il permet d'assurer simplement une coupure nocturne, de week-end ou durant les périodes de vacances scolaires.

Dans tous les cas, le choix de l'automatisation pose la question de la GTB/GTC et de sa prise en main. C'est une réflexion « tripartite » à mener en prenant en compte le confort, le gain énergétique (théorique et réel) et la capacité d'entretien et maintenance.

La ventilation naturelle nécessite la sensibilisation durable et répétée de la totalité des usagers en fonction des différents niveaux d'intérêts (élèves, enseignants, personnel d'entretien, factotum, ...). Cela peut être facilité par des communications orales, mais également la mise en place d'une signalétique de sensibilisation dans les locaux.

Il est d'usage d'envisager la ventilation naturelle comme une ventilation de confort diurne ou nocturne, venant en complément d'une ventilation mécanique. La ventilation de confort mobilise des débits et vitesses d'air bien plus importants (10 vol/h, minimum). Le choix d'une solution de ventilation mécanique pour le confort nécessite donc d'augmenter les puissances et tailles des machines, des sections, des gaines, ... ce qui induit un coût global plus élevé (investissement et fonctionnement). Si une solution de ventilation de confort naturelle (free-cooling diurne ou nocturne) est souhaitée, les mêmes phénomènes et cheminements d'air peuvent être mobilisés pour la ventilation hygiénique.

En ventilation naturelle, une réduction des surfaces ouvertes ou ouvrantes doit être possible en période d'inoccupation ou de fort vent. Il est nécessaire de prévoir des dispositifs qui s'adaptent aux conditions.

En conclusion parce que la qualité de l'air intérieur agit sur la santé des occupants et usagers des locaux, respirer un air sain est bénéfique pour la santé des élèves, des professionnels enseignants et des gestionnaires, et contribue au sentiment de "bien-être". Ainsi un air de bonne qualité dans des locaux bien aérés et ventilés permettra de maintenir les bonnes conditions de concentration et de performance scolaire des élèves (des études ont en effet montré une baisse de ces performances d'apprentissage et de concentration, des maux de têtes dans des ambiances confinées). Un air sain favorisera la qualité de vie et la santé au travail. Et une bonne ventilation est le meilleur moyen d'atteindre cet objectif.

> Bibliographie – ressources

- **La ventilation naturelle des bâtiments** (Jean-Louis Izard – août 2006)

<http://www.enviroboite.net/la-ventilation-naturelle-des-batiments>

- **La ventilation naturelle** (EODD, Domene, In Vivo – novembre 2010)

<http://www.enviroboite.net/la-ventilation-naturelle>

- **VPOF : ventilation naturelle par ouverture des fenêtres** (Armand Dutreix – juin 2017)

http://www.enviroboite.net/vpof-ventilation-naturelle-par-ouverture-des-fenetres?id_rubrique=98

- **guide biotech « ventilation naturelle et mécanique »** (ICEB / ARENE IDF – février 2012)

<https://www.arec-idf.fr/nos-travaux/publications/guide-bio-tech-ventilation-naturelle-et-mecanique.html>

- **Guide de conception Freevent « Surventilation et confort d'été »** (ALLIE' AIR – mars 2018)

<http://www.enviroboite.net/freevent-surventilation-et-confort-d-ete>

- **Guide pratique sur la modulation des débits de ventilation dans le tertiaire** (ADEME – avril 2011)

<https://www.ademe.fr/guide-pratique-modulation-debits-ventilation-tertiaire>

- **Norme EN16798**

<https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-16798-3/performance-energetique-des-batiments-ventilation-des-batiments-partie-3-pour-batiments-non-residentiels-exigences-de-performanc/article/905625/fa187730>

- **energie+ le site : choisir les systèmes de ventilation**

<https://energieplus-lesite.be/concevoir/ventilation/choisir-le-systeme-de-ventilation/choisir-le-systeme-de-ventilation-criteres-generaux/>

- **La filtration de l'air** (Xpair – mars 2020)

https://conseils.xpair.com/consulter_savoir_faire/filtration-air.htm