

# QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR ET VENTILATION DES BÂTIMENTS : UNE EXIGENCE INCONTOURNABLE!

LE 25/10/2023

*Lycée RASPAIL - 5 bis av Maurice d'Ocagne 75014 PARIS*

Accueil 8h30

Début 9h00

Association des Ingénieurs et techniciens  
en Climatologie, Ventilation et Froid

25/10/2023  
Christian FELDMANN

Philippe HERBULOT



# QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR ET VENTILATION DES BÂTIMENTS : UNE EXIGENCE INCONTOURNABLE!

## L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DES EXIGENCES DE QAI



**Francis ALLARD**

*Président Tipee*



# QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR ET VENTILATION DES BÂTIMENTS : UNE EXIGENCE INCONTOURNABLE!



## L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DES EXIGENCES DE QAI

### Les grands pionniers:

**Antoine Lavoisier (1743-1794):** père de la chimie moderne, l'augmentation de la concentration en gaz carbonique est responsable du « **mauvais air** » intérieur et non l'appauvrissement en oxygène.

**Max von Pettenkofer (1818-1901),** pionnier de l'hygiène moderne et de la médecine préventive, suggère que les bio-effluents humains sont responsables de la mauvaise qualité de l'air et non le CO<sub>2</sub>

### L'approche hygiéniste:

**Billings et ses collègues** (fin XIX<sup>ème</sup>, début XX<sup>ème</sup> siècle) suggèrent d'instituer un renouvellement d'air de 15l/s. personne pour éliminer ces effluents humains.

**En 1913: le rapport de la New York State Ventilation Commission** précise que dans les écoles, ce débit n'est pas justifié et que 5 à 7,5 l/s seraient suffisants.

### L'approche moderne:

**En 1936, Yaglou et ses collègues** conduisent des études en chambre d'essai dans lesquelles les participants évaluent l'influence des taux de ventilation sur **les odeurs humaines perçues par une personne entrant dans la pièce**. Ils recommandent un débit de **8 l/s.personne** pour contrôler les odeurs produites par des occupants et indiquent que la concentration en CO<sub>2</sub> n'est pas un indicateur fiable de qualité.

# QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR ET VENTILATION DES BÂTIMENTS : UNE EXIGENCE INCONTOURNABLE!



## L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DES EXIGENCES DE QAI

### ➤ L'établissement des premières normes aux US suivant les travaux de Yaglou et al (1936)

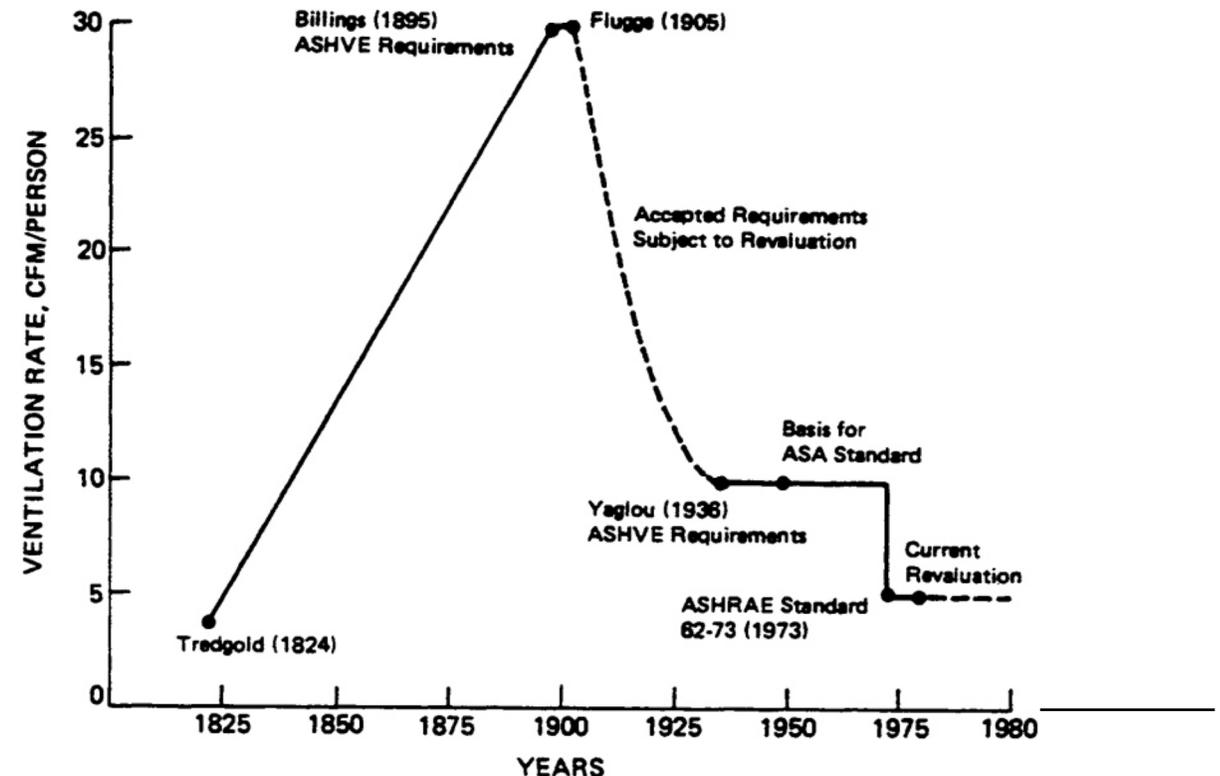
**1946:** Building Code requirements for Lighting & ventilation (ASA A53)

**1973:** ASHRAE 62-73, Standards of Natural and Mechanical Ventilation

271 types de locaux décrits

Recommandation 7,5 - 12,5 l/s personne

Dans les écoles: 5 - 7,5 l/s personne



# QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR ET VENTILATION DES BÂTIMENTS : UNE EXIGENCE INCONTOURNABLE!



## L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DES EXIGENCES DE QAI

### L'établissements des premières recommandations en France

- **Pour les logements:** Décret du 22 Octobre 1955 , Arrêté du 14 novembre 1958, Arrêté du 22 octobre 1969

## Prescription d'entrée d'air mais pas de débit minimum

- **La réglementation actuelle:** Arrêté du 24 mars 1982 modifié 28 octobre 1983

Nombre de pièces principales du logement	DEBITS EXTRAITS EXPRIMES EN M <sup>3</sup> /H				
	Cuisine	Salle de bains ou de douches commune ou non avec un cabinet d'aisances	Autre salle d'eau	Cabinet d'aisances	
				Unique	Multiple
1	75	15	15	15	15
2	90	15	15	15	15
3	105	30	15	15	15
4	120	30	15	30	15
5 et plus	135	30	15	30	15

	Nombre de pièces principales						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Débit total minimal en m<sup>3</sup>/h</b>	35	60	75	90	105	120	135
<b>Débit minimal en cuisine en m<sup>3</sup>/h</b>	20	30	45	45	45	45	45

# QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR ET VENTILATION DES BÂTIMENTS : UNE EXIGENCE INCONTOURNABLE!



## L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DES EXIGENCES DE QAI

### La réglementation actuelle

➤ Pour les autres locaux:

Décret n° 2008-244 du 7 mars 2008 relatif au code du travail / RSDT

DESIGNATION DES LOCAUX	DEBIT MINIMAL d'air neuf par occupant (en mètres cubes par heures)
Bureaux, locaux sans travail physique	25
Locaux de restauration, locaux de vente, locaux de réunion	30
Ateliers et locaux avec travail physique léger	45
Autres ateliers et locaux	60

de 7 à 5 l/s.personne

Bureaux et locaux assimilés, tels que bureaux d'accueil, bibliothèques, bureaux de poste, banques	18 m <sup>3</sup> /h/personne
Locaux de réunion (salles de réunion, de spectacle, de culte, clubs, foyers)	18 m <sup>3</sup> /h/personne
Locaux de vente (boutiques, supermarchés)	22 m <sup>3</sup> /h/personne
Locaux de restauration (cafés, bars, restaurants, cantines, salles à manger)	22 m <sup>3</sup> /h/personne

# QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR ET VENTILATION DES BÂTIMENTS : UNE EXIGENCE INCONTOURNABLE!



## L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DES EXIGENCES DE QAI

### Formalisation de la qualité de l'air perçue

- Après les travaux pionniers de Yaglou, 50 ans plus tard, les travaux de Fanger et de son équipe apportent un éclairage nouveau en intégrant de nombreuses sources intérieures autres que les « odeurs humaines ».
  - Ils formalisent la qualité de l'air perçue en associant **une métrique** (1987) et utilise une similitude avec la théorie du confort hygrothermique pour qualifier la QAI perçue.

TABLE 1

Analogy between the new units for air pollution and existing units for light and noise

	Light	Noise	Air pollution
Source strength	lumen	watt	olf
Perceived level	lux	decibel(A)	decipol

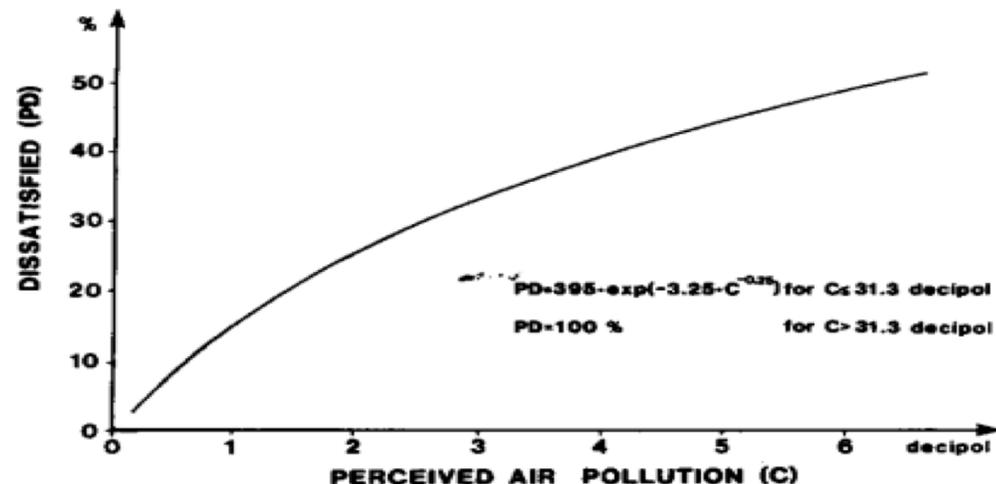


Fig. 3. The curve defines the relation between the percentage of dissatisfied judges and the perceived air pollution in decipols.

# QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR ET VENTILATION DES BÂTIMENTS : UNE EXIGENCE INCONTOURNABLE!



## L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DES EXIGENCES DE QAI

### La qualité de l'air perçue comme critère pour la conception des installations de ventilation

- **Au niveau international, CEN, ASHRAE, ISO,**
  - Aux US: ASHRAE 62-1 et 62-2 dès 2013 -2019
  - En Europe: EN 13779 (2007), EN 15251 (2007), EN 16798-1 (2019)
  - International: ISO 17772-1 (2018)

#### **Plusieurs méthodes sont proposées:**

- Forfaitaire (10 l/s. personne + 0,5 l/s. m<sup>2</sup>) ou globale.
- Limitation des niveaux de polluants (une liste de polluants est soumise avec des concentrations limites)
- Limitation des niveaux de CO<sub>2</sub>



## L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DES EXIGENCES DE QAI

### La pandémie COVID 19 et le recentrage sur la qualité sanitaire. (QAI pour la santé)

- **Le constat:** les installations de ventilation sont insuffisantes pour limiter le risque d'infection
- **Risque d'infection et ventilation des locaux (Riley, 1978)**

$$P_{infection} = 1 - e^{-\frac{I q p t}{Q v}}$$

*Relation probabiliste entre la probabilité d'infection et le débit de ventilation.*

**Cette théorie peut aussi permettre d'évaluer le débit de ventilation minimum nécessaire pour limiter un risque d'infection. (REHVA Covid calculator)**



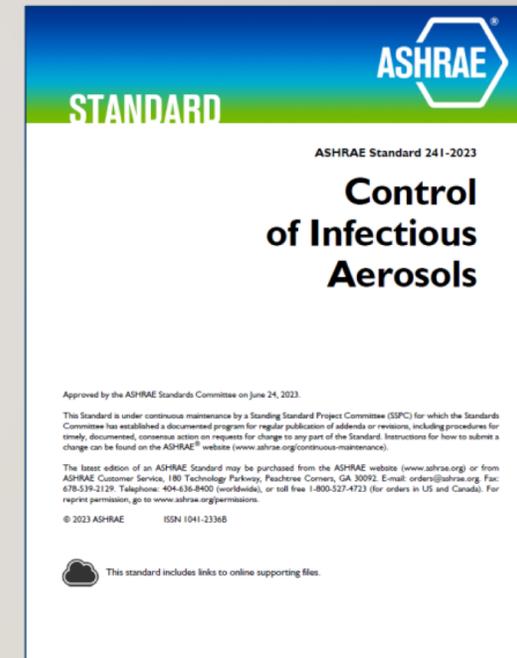
## L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DES EXIGENCES DE QAI

### Les tendances actuelles.

#### ➤ Aux USA:

#### ➤ **ASHRAE Standard 241** (publication prévue 2024) « Control of Infectious Aerosols »

- Purpose
  - Establish minimum requirements for control of infectious aerosols to reduce risk of disease transmission in occupiable space of new and existing buildings and major renovations (non-residential, residential, health care)
  - Outdoor air systems, air cleaning systems
    - Design
    - Installation
    - Commissioning
    - Operation
    - Maintenance
  - Specify *equivalent clean airflow* to be provided in *infection risk management mode*
- Scope
  - Does NOT establish overall requirements for acceptable indoor air quality
  - Addresses long range transmission, i.e., outside close proximity to an infector



# QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR ET VENTILATION DES BÂTIMENTS : UNE EXIGENCE INCONTOURNABLE!



## L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DES EXIGENCES DE QAI

### Les tendances actuelles.

- En Europe:
  - « Ventilation de santé et de confort dans les bâtiments non résidentiels » REHVA et le « Nordic Ventilation Group », 2023.



# QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR ET VENTILATION DES BÂTIMENTS : UNE EXIGENCE INCONTOURNABLE!



## L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DES EXIGENCES DE QAI

	REHVA-NVG							EN 16798-1 (2019)		
	Surface	Hauteur sous plafond	N° de personnes	Efficacité de Ventilation	Débit d'air neuf	Débit d'air neuf/unité de surface	Taux de renouvellement d'air	CO <sub>2</sub> Conc.	Classe de Ventilation II	Classe de Ventilation I
	m <sup>2</sup>	m	N <sub>p</sub> -	Ev <sub>v</sub> -	L/(s pers)	L/(s m <sup>2</sup> )	h <sup>-1</sup>	Ppm	L/(s m <sup>2</sup> )	L/(s m <sup>2</sup> )
Petite salle de classe	31.6	3.5	13	1.00	7.2	3.0	3.0	1097	3.6	5.1
Salle de classe	42.5	2.9	25	1.00	8.4	4.9	6.1	995	4.8	6.9
Salle de classe	56.5	2.9	25	0.93	8.6	3.8	4.7	980	3.8	5.4
OCC réduit.	56.5	2.9	20	0.93	8.1	2.9	3.6	1019	3.7	4.5
Grand espace d'enseignement	129.5	2.9	50	0.60	13.3	5.1	6.4	776	3.7	4.9
OCC réduit.	129.5	2.9	40	0.60	12.5	3.8	4.8	801	2.9	4.1
Bureau	56.7	2.6	6	0.80	16.5	1.7	2.4	736	1.7	2.1
<del>BUREAU</del> Bureau	173,0	2.6	17	0.60	25.4	2.5	3.5	619	1.7	2.0
<del>BUREAU</del> Salle de réunion	29.2	2.6	10	1.00	34.2	11.7	16.2	563	3.1	4.4
OCC réduit.	29.2	2.6	6	1.00	30.3	6.2	8.6	584	2.1	3.1
Salle de réunion	52.5	3.2	24	0.80	45.8	20.9	23.6	521	3.9	5.6
OCC réduit.	52.5	3.2	12	0.80	41.6	9.5	10.7	534	2.3	3.3
Restaurant	259.5	2.9	154	0.60	64.3	38.1	47.3	486	4.9	6.9
OCC réduit.	259.5	2.9	50	0.60	59.3	11.4	14.2	494	2.0	2.9
Gymnase	173.5	3.5	12	0.60	86.5	6.0	6.2	657		
S gymnase scolaire	217.5	6.0	25	0.50	109.1	12.5	7.5	604		

On peut remarquer ici qu'au vu des conditions d'utilisation des locaux en période de pandémie notamment, les débits d'air neufs à considérer pour limiter le risque infectieux à 1 sont pour certains locaux inférieurs à ceux définis par la norme EN-16798-1 basée sur une qualité de l'air perçue. C'est le cas notamment pour les locaux scolaires et les bureaux

# QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR ET VENTILATION DES BÂTIMENTS : UNE EXIGENCE INCONTOURNABLE!



## L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DES EXIGENCES DE QAI CONCLUSION

- **Au niveau international**, (ASHRAE, CEN, ISO) on note clairement depuis plus de 15ans une orientation des normes de conception des installations de ventilation vers la prise en compte de la QAI perçue, et plus récemment vers la limitation des risques infectieux dus aux aérosols (QAI pour la santé).
- **En France**, les réglementations en vigueur sont toujours basées sur les travaux de Yaglou (1936) sur la perception des effluents humains, le décalage s'accroît d'année en année avec les consensus internationaux du fait de la non prise en compte de la QAI.
- Aujourd'hui, une réelle prise de conscience des enjeux de santé publique liées à la QAI est nécessaire, l'AICVF se propose d'y participer.
- **Ayons l'ambition d'une réglementation performancielle pour la ventilation de nos bâtiments !!!!**