

Aérosolthérapie

Pr Maéva ZYSMAN

CHU Haut-Lévêque, Université de Bordeaux, INSERM U1045, Pessac, France

Mars 2026

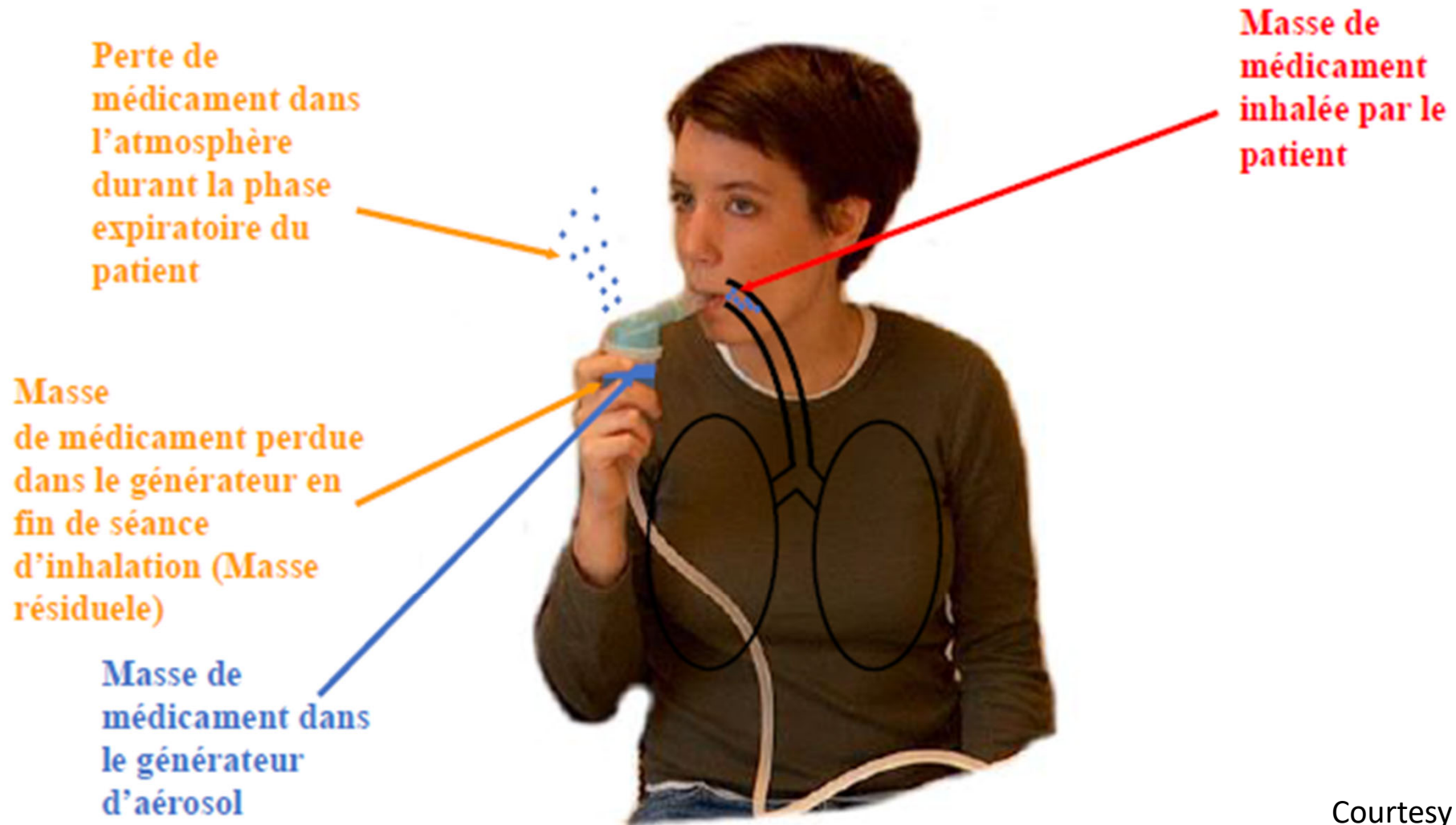
QU'EST CE QUE L'AEROSOL THERAPIE ?

L'aérosolthérapie consiste à administrer un médicament sous forme aérosol dans les voies respiratoires d'un patient.

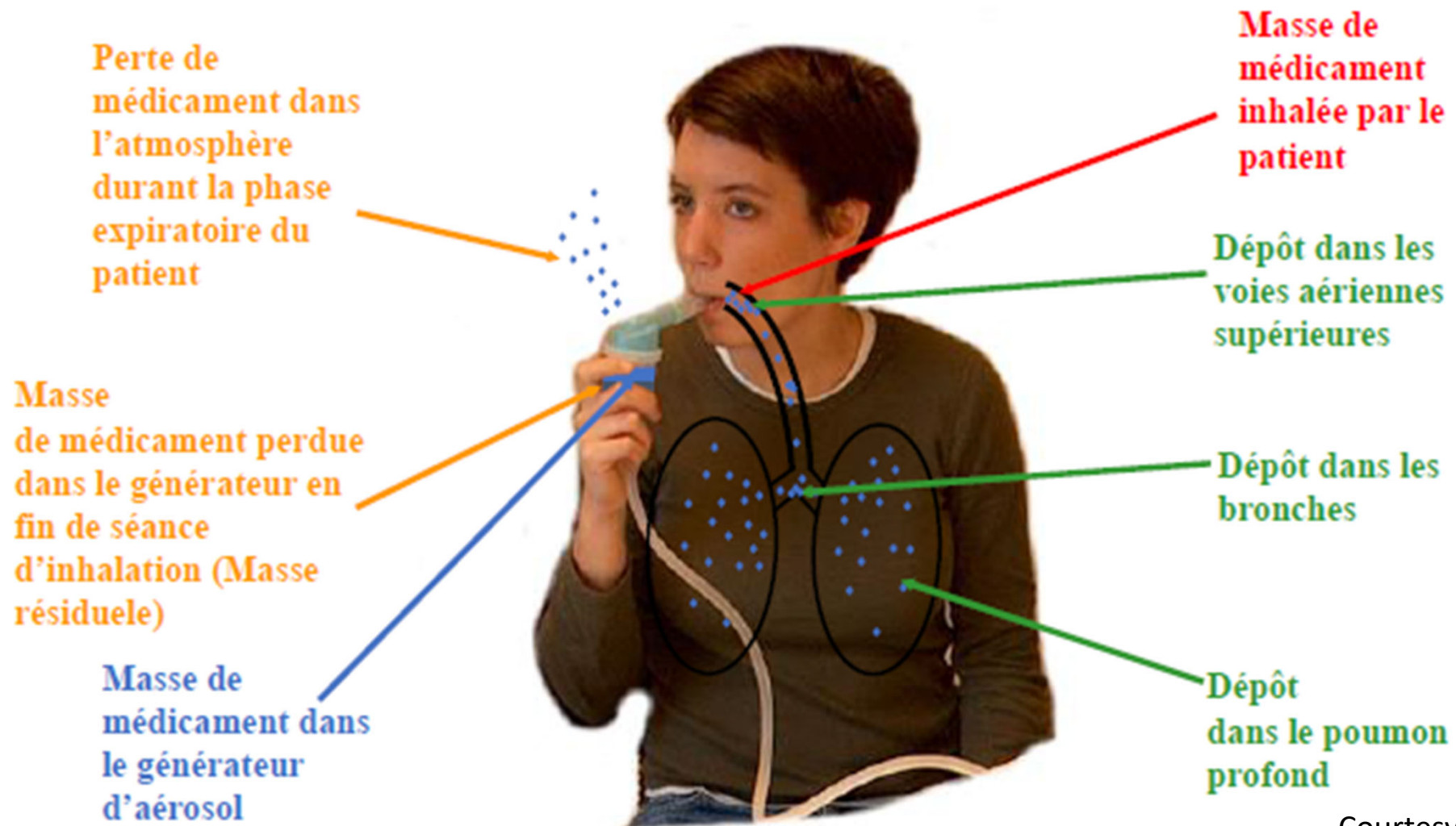
Ce mode de traitement présente plusieurs avantages :

- il permet d'être **plus efficace** car le médicament est délivré directement au contact du poumon
- il permet d'avoir un effet **rapide**
- il permet de **diminuer les effets indésirables** (vs voie systémique)

QUEL EST LE TRAJET DU MEDICAMENT DURANT UNE SEANCE D'AEROSOL ?



QUEL EST LE TRAJET DU MEDICAMENT DURANT UNE SEANCE D'AEROSOL ?



Courtesy to Mr Vecellio

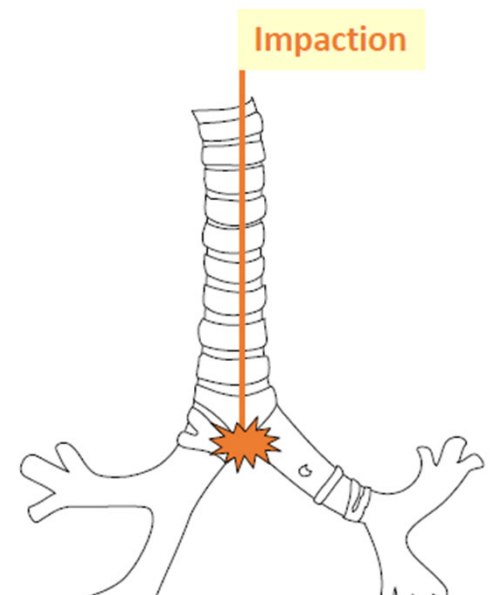
Plusieurs paramètres modifient le dépôt des aérosols dans les voies aériennes

- **Propriétés physiques de l'aérosol**
- Conditions d'inhalation
- Anatomie des voies aériennes

Dimension des aérosols

- Diamètre aérodynamique médian en masse (MMAD) = taille de l'aérosol
- Nombre de Stokes = le ratio en le temps de relaxation de la particule (temps nécessaire à la particule pour ajuster sa vitesse par rapport à une accélération) et le temps de séjour du fluide le long de la bifurcation bronchique.
- Plus le nb de Stokes est grand plus la probabilité d'impaction est grande

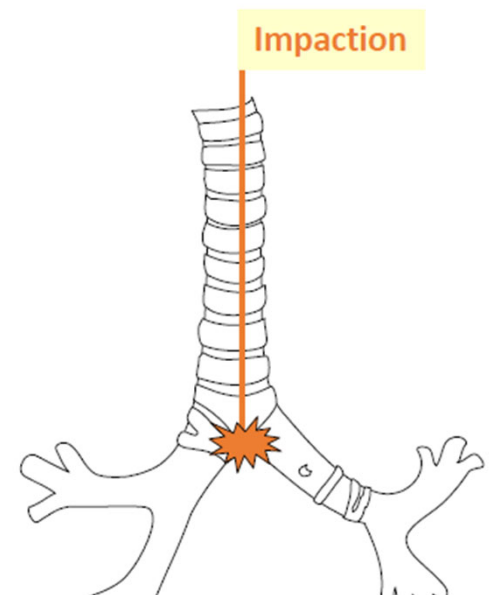
$$St = \frac{KM.u}{d} = \frac{\rho_p \cdot d_p^2 \cdot u}{18\mu d}$$



Dimension des aérosols

- Vitesse avec laquelle les particules chutent sous l'effet de la gravité
- Petit pour les bronches > 5 mm

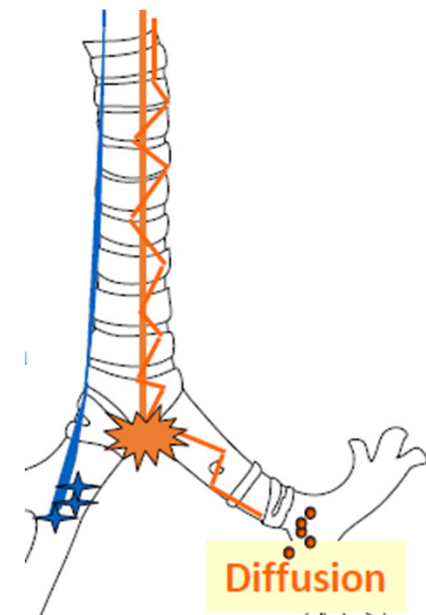
$$St = \frac{K M \cdot u}{d} = \frac{\rho_p \cdot d_p^2 \cdot u}{18 \mu d}$$



Dimension des aérosols

- Δ représente le rapport entre vitesse de diffusion et la vitesse aérodynamique de la particule

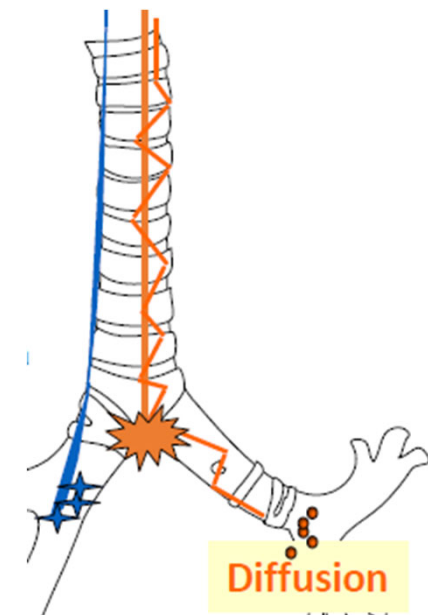
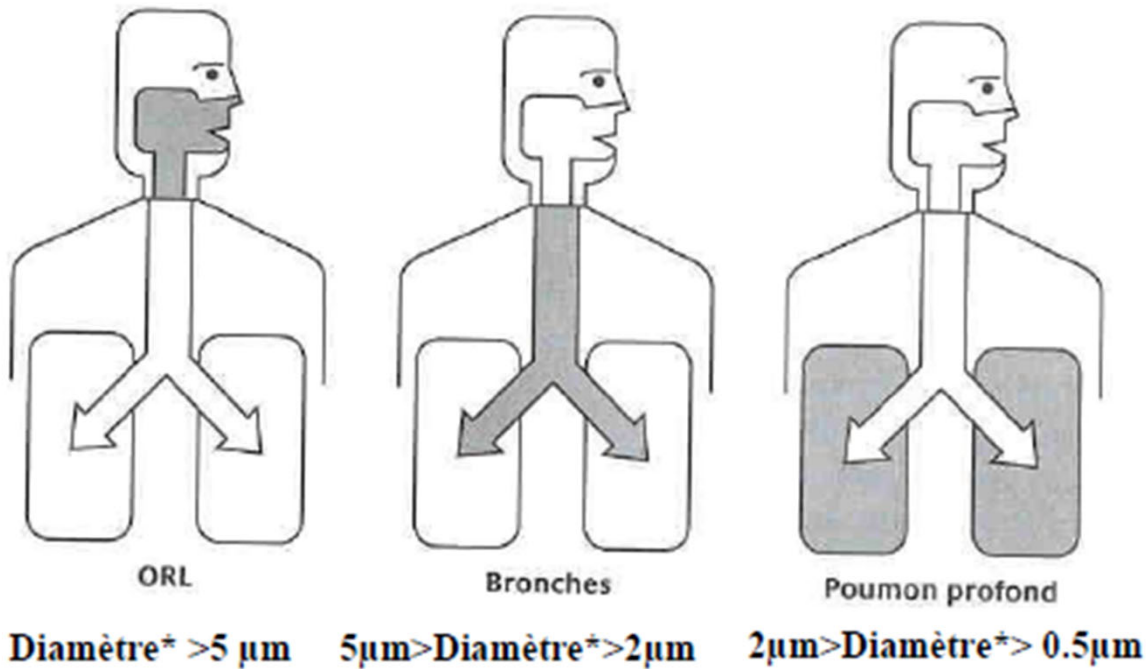
$$\Delta = \frac{D \cdot l}{u \cdot d^2}$$



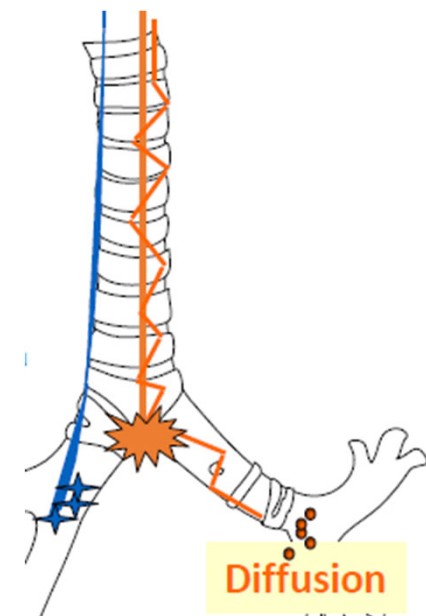
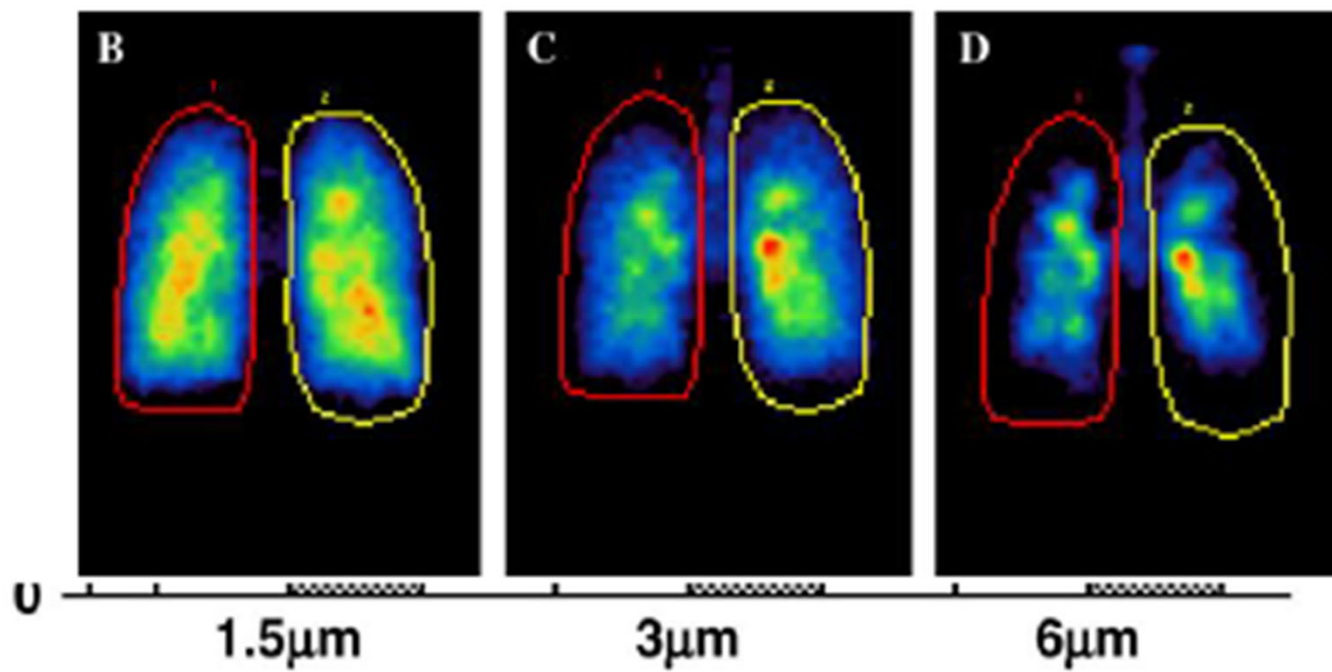
Dimension des aérosols

- Δ représente le rapport entre vitesse de diffusion et la vitesse aérodynamique de la particule

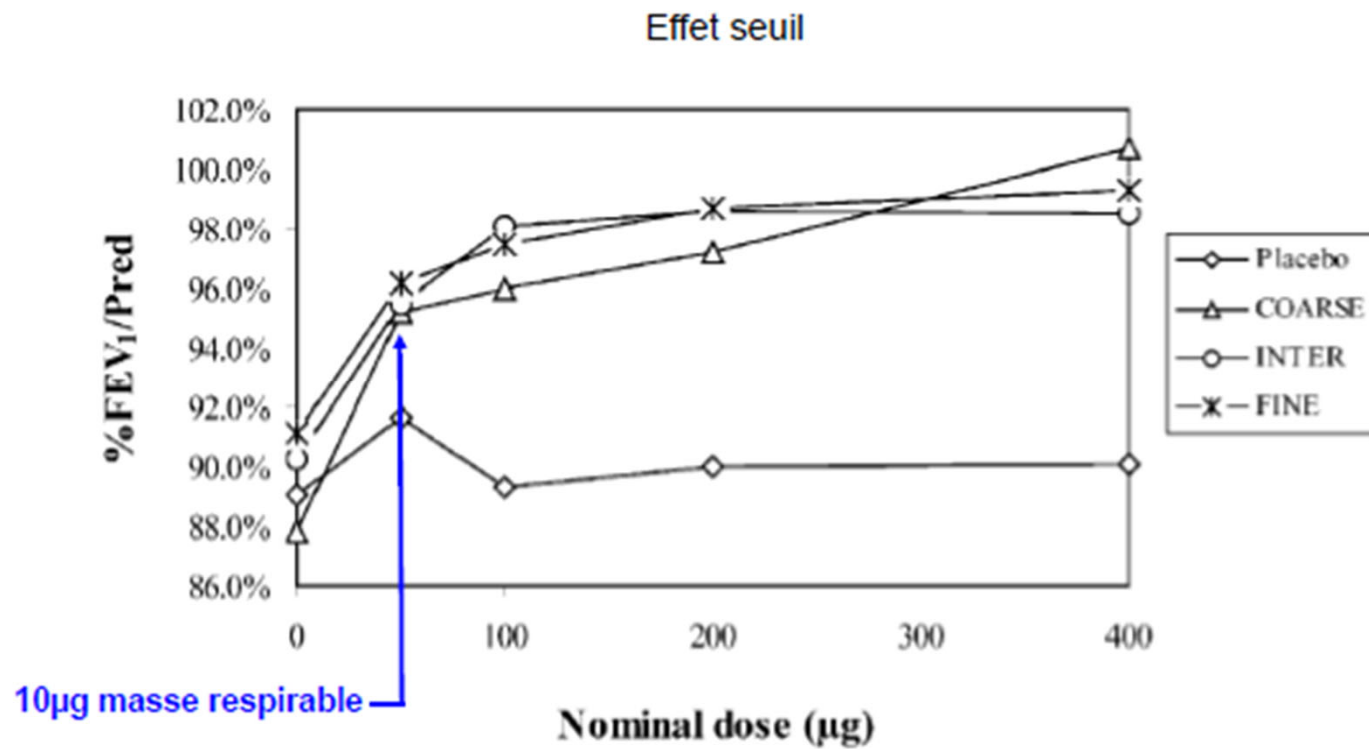
$$\Delta = \frac{D \cdot l}{u \cdot d^2}$$



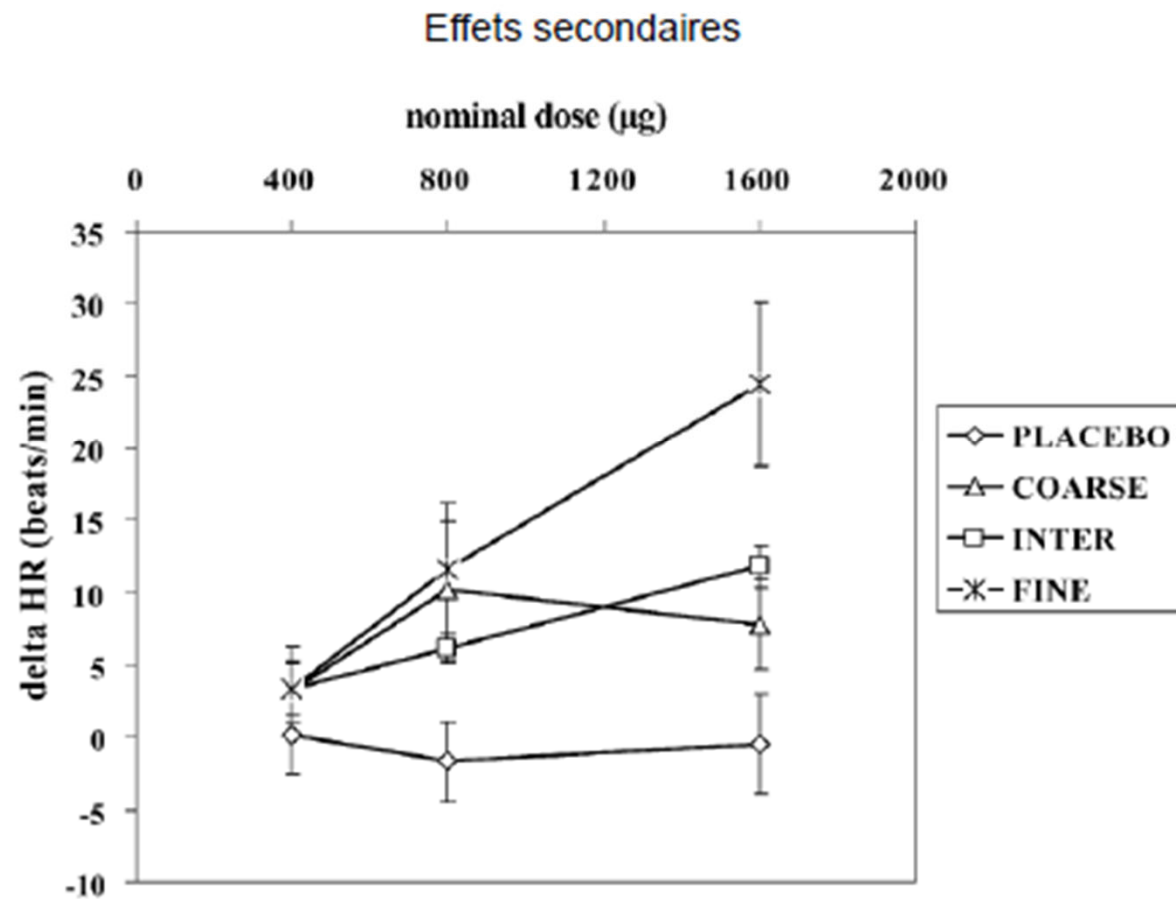
Dimension des aérosols



Dimension des aérosols



Dimension des aérosols

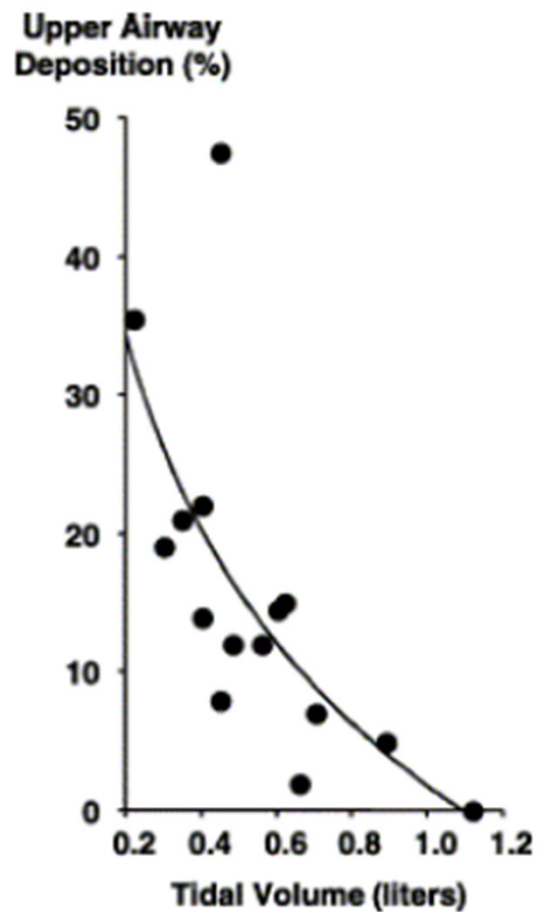


Plusieurs paramètres modifient le dépôt des aérosols dans les voies aériennes

- Propriétés physiques de l'aérosol
- **Conditions d'inhalation**
- Anatomie des voies aériennes

Influence du volume courant sur le dépôt de l'aérosol

- $V \uparrow \rightarrow \text{dépôt OLR} \downarrow$



Diot et al, 1997

Influence du Qi sur le dépôt de l'aérosol

- Qi↑→dépôt OLR↑

<i>MMAD (μm)</i>	<i>Flow rate (L/min)</i>	<i>Mouthpiece diameter (cm)</i>	<i>Deposition efficiency (%) (mean \pm SE)^a</i>
3.93	30	1.5	0.92 \pm 1.59
4.13	60	1.5	18.40 \pm 1.51
4.14	90	1.5	52.19 \pm 5.02
4.13	120	1.5	77.46 \pm 1.11
4.00	30	2.0	2.74 \pm 2.38
3.98	60	2.0	10.85 \pm 2.17
4.05	90	2.0	30.38 \pm 2.38
4.05	120	2.0	46.82 \pm 0.55
4.11	30	2.7	0.32 \pm 0.56
4.03	60	2.7	9.71 \pm 1.96
4.00	90	2.7	20.51 \pm 1.23
3.93	120	2.7	35.36 \pm 2.45

Plusieurs paramètres modifient le dépôt des aérosols dans les voies aériennes

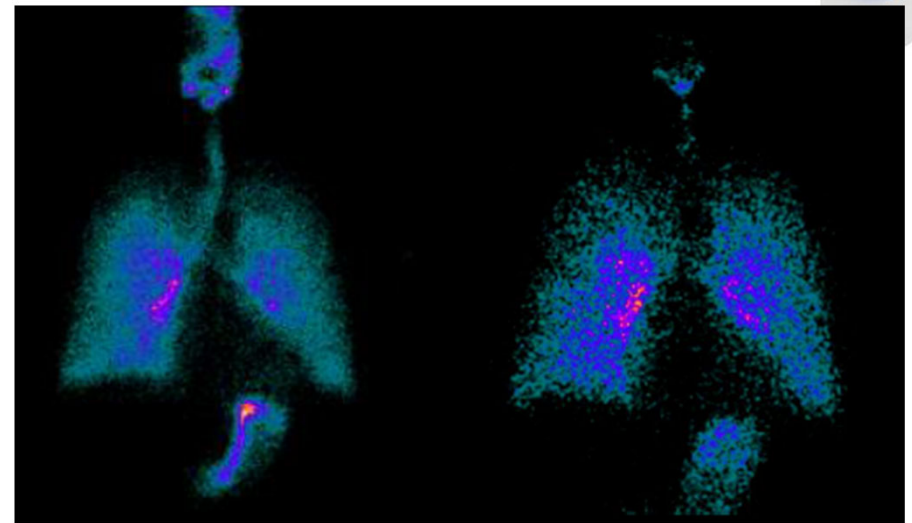
- Propriétés physiques de l'aérosol
- Conditions d'inhalation
- **Anatomie des voies aériennes**

Importance de l'interface : embout buccal !



Aerosol deposition within the lungs as a percentage of total deposition within the body

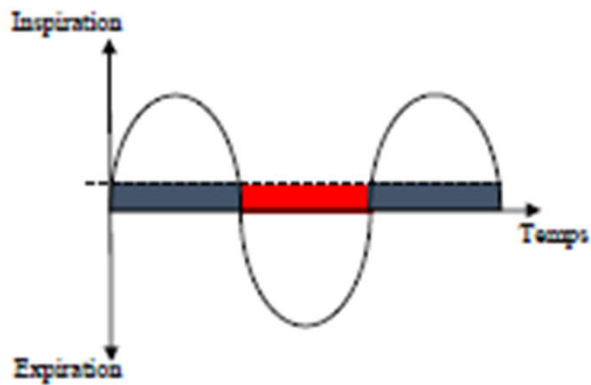
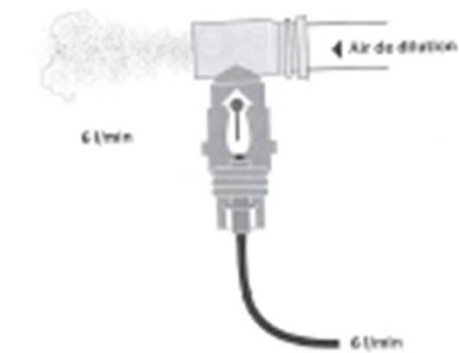
Subjects	Proportion of inhaled dose in lungs (%)	
	Nasal breathing	Mouth breathing
1	53	82
2	39	78
3	28	59
4	30	78
5	38	86
6	36	79
7	37	70
8	45	70
Mean (SD)	38 (8.0)	75 (8.5)



Everard et al, 1993

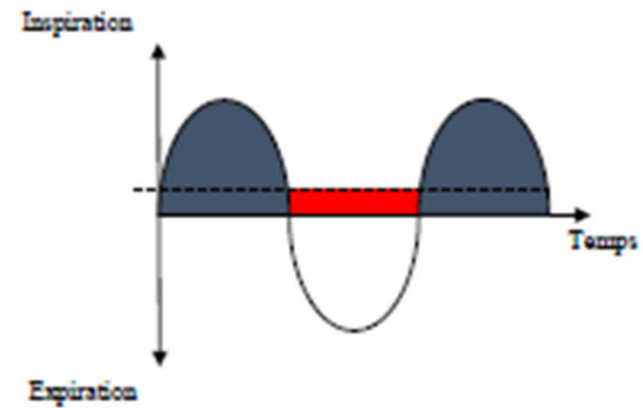
Importance du nébuliseur

standard



■ Médicament inhalé
■ Médicament perdu

Venturi



— Débit d'alimentation en air du nébuliseur
— Débit respiratoire du patient

Importance du nébuliseur

Ultrasonique



Attention si médicament sensible à la chaleur (CSI)

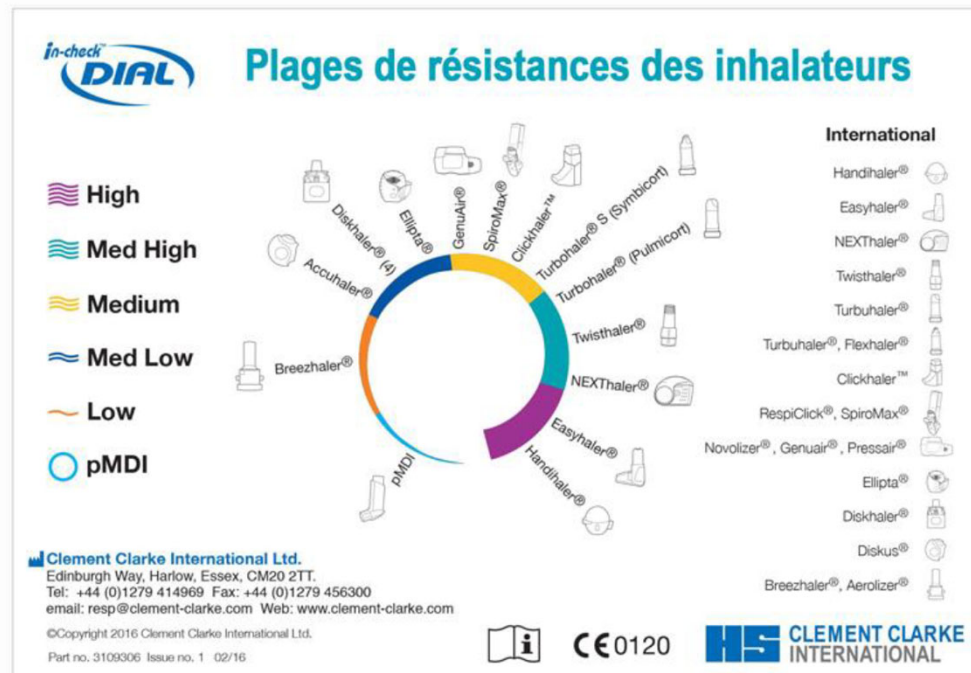
Tamis



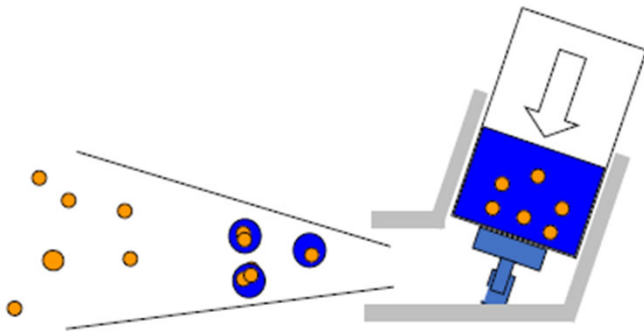
Praticité
Altération dans le temps possible



Importance du Qi dans les DPI (dry powder inhaler)



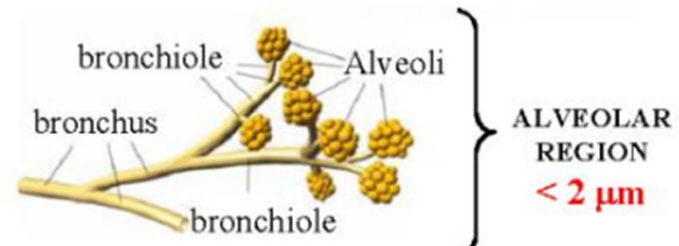
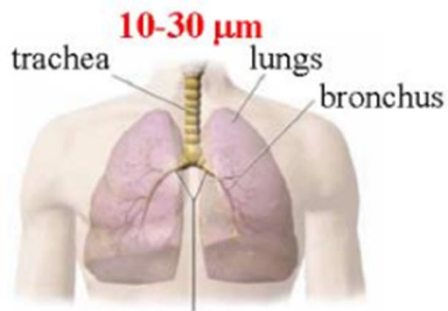
Aérosols doseurs avec gaz pressurité (pMDI)



Dépôt ORL
Coordination main-poumons
Gaz à effet de serre



OROPHARYNGEAL REGION
(mouth and nose)



Importance du dispositif

TABLE 1 Patient characteristics

	Breezhaler®	Diskus®	Handihaler®	pMDI	Respimat®	Turbuhaler®	Total [#]
Number of patients n	876	452	598	422	625	420	2935
Male/female %	66.2/33.8	60.0/40.0	68.9/31.1	57.8/42.2	63.0/37.0	61.1/38.8	63.2/36.8
Age years							
Mean±SD	65.9±11.1	65.4±11.5	66.5±10.8	64.5±11.9	65.9±11.5	65.5±11.9	65.4±11.4
(min-max)	(41-97)	(41-96)	(41-92)	(41-99)	(41-98)	(41-94)	(41-99)
Tobacco							
Current/ex-smoker %	39.6/60.3	37.8/62.2	38.5/61.5	36.5/63.5	37.8/62.2	41.4/58.6	39.1/60.8
Pack-year mean±SD	34±17	31±15	33±15	31±17	32±15	31±16	32±16
Positive asthma history %	20.8	33.0	23.1	37.2	21.8	29.5	26.4
Previous spirometry n (%)	546 (62.3)	281 (62.2)	397 (66.4)	253 (60.0)	372 (59.5)	251 (59.8)	1733 (59.0)
FEV₁ %							
≥80%	19.4	14.9	17.9	17.4	20.2	17.1	19.0
50 to <80%	56.0	61.6	50.9	53.8	59.9	57.8	57.7
30 to <50%	19.4	16.0	24.2	19.8	15.9	19.5	17.9
<30%	3.1	5.7	4.3	4.7	2.4	3.6	2.9
ND	2.0	1.8	2.8	4.3	1.6	2.0	2.5
Education %							
Demonstration of use	88.5	84.1	84.6	82.2	88.3	84.0	85.9
Leaflet read at least once	59.0	58.8	58.9	56.6	63.7	60.0	59.7
Poor adherence previous week %	10.4	4.0	11.9	3.8	10.9	4.3	8.3

pMDI: pressurised metered-dose inhaler; FEV₁: forced expiratory volume in 1 s; ND: no data. [#]: patients can use more than one device, so the total is not the sum of individual values.

Importance du dispositif

TABLE 2 Error summary by system

	Breezhaler®	Diskus®	Handihaler®	pMDI	Respimat®	Turbuhaler®	Total [#]
Devices n	876	452	598	422	625	420	3393
No error	36.5 (33.3–39.7)	29.2 (25.0–33.4)	10.7 (8.2–13.5)	16.4 (12.8–19.9)	23.0 (19.7–26.3)	30.5 (26.1–34.9)	25.3 (23.6–26.7)
Device-independent errors	53.5 (50.2–56.8)	50.9 (46.3–55.5)	54.8 (50.9–58.8)	53.8 (49.0–58.5)	56.8 (52.9–60.7)	51.9 (47.1–56.7)	53.8 (52.2–55.5)
Device-dependent errors	15.4 (13.0–17.8)	29.2 (25.0–33.4)	75.3 (71.8–78.7)	70.1 (65.8–74.5)	50.6 (46.6–54.5)	32.1 (27.7–36.6)	43.1 (41.5–44.8)
At least one critical error	15.4 (13.0–17.8)	21.2 (17.5–25.0)	29.3 (25.6–32.9)	43.8 (39.1–48.6)	46.9 (43.0–50.8)	32.1 (27.7–36.6)	30.0 (28.5–31.6)

Data are presented as % (95% CI), unless otherwise indicated. pMDI: pressurised metered-dose inhaler. [#]: total number of evaluated devices.

Importance du dispositif

TABLE 4 Description of patients according to the occurrence of errors

	No error	Non-critical error	p value	Critical error	p value
Errors n	857	1236		1019	
Age years (mean±sd)	64.8±11.3	66.1±11.1	<0.05	65.7±11.7	ns
Male/female %	63.5/36.5	64.3/35.7	ns	62.3/37.7	ns
Mean duration of use of the device months (mean±sd)	31.9±36.1	39.1±44.9	<0.001	39.5±44.8	<0.001
Demonstration of use at least once	90 (88.0–92.0)	85.4 (83.4–87.3)	<0.01	83.6 (81.3–85.9)	<0.0001
Reading of leaflet at least once	69.1 (66.0–72.2)	58.7 (56.0–61.5)	<0.0001	53.9 (50.8–56.9)	<0.0001
Poor adherence	4.4 (3.1–5.8)	8.0 (6.5–9.5)	<0.01	12.6 (10.5–14.6)	<0.0001
Treatment perceived very efficacious	40.4 (37.1–43.7)	28.8 (26.3–31.4)	<0.0001	27.8 (25.1–30.6)	<0.0001
Moderate to severe [#] exacerbation in past 3 months [¶]	32.1 (28.9–35.4)	35.6 (32.9–38.4)	ns	38.5 (35.4–41.5)	<0.01
Severe exacerbation ⁺ in past 3 months [¶]	3.3 (2.0–4.5)	4.6 (3.4–5.8)	ns	6.9 (5.3–8.5)	<0.01

Traitements aérosols - Indications

- Asthme
- BPCO
- Mucoviscidose
- (Affections ORL)

Traitements aérosols de bronchodilatateurs de courte durée d'action (asthme et BPCO)

- Beta-2-mimétiques (salbutamol, terbutaline)
 - Aérosol 5mg sur 20 minutes, toutes les 20 minutes les 1-2 heures
 - Puis 4 à 6 par jour
 - EI : tachycardie, troubles du rythme supraventriculaire, hyperlactatémie
- Et/ou anticholinergique (bromure d'ipratropium)
 - Aérosol 0,5mg sur 20 minutes, toutes les 20 minutes les 1-2 heures
 - Puis 3 à 4 par jour
 - EI : RAU

Nom Princeps (DCI)	Classe pharmaco-thérapeutique	Indications	Spécification de dispositif
ATROVENT Ipratropium bromure anhydre	Bronchodilatateur anticholinergique	Traitement de l'asthme aigu grave de l'adulte et de l'enfant et des poussées aiguës de BPCO de l'adulte (en association avec un β 2-agoniste d'action rapide)	aucune
BRICANYL Terbutaline sulfate	Bronchodilatateur β 2-agoniste d'action rapide et de courte durée	Traitement de l'asthme aigu grave de l'adulte et de l'enfant et des poussées aiguës de BPCO de l'adulte	aucune
Ventoline (Salbutamol)	Bronchodilatateur β 2-agoniste d'action rapide et de courte durée	Traitement de l'asthme aigu grave de l'adulte et de l'enfant et des poussées aiguës de BPCO de l'adulte	aucune
CAYSTON Aztréonam lysine	Antibiotique de la classe des monobactames	Traitement des infections pulmonaires chroniques à <i>P. aeruginosa</i> chez les patients atteints de mucoviscidose âgés de 6 ans et plus	exclusivement avec un nébuliseur à tamis ALTERA fourni avec le médicament
COLIMYCINE Colistiméthate sodique	Antibiotique (groupe des polymyxines E)	Prise en charge chez l'adulte et l'enfant des infections pulmonaires chroniques dues à <i>P. aeruginosa</i> chez les patients atteints de mucoviscidose	nébuliseur LC STAR ou dispositif équivalent validé (voir RCP)
Tadim (Collistiméthate sodique)	Antibiotique (groupe des polymyxines E)	Prise en charge, chez l'adulte et l'enfant des infections pulmonaires chroniques à <i>P. Aeruginosa</i> chez les patients atteints de mucoviscidose	I-neb AAD + chambre d'inhalation, Pari eflow rapid, Pari LC Sprint
Tobi (Tobramycine)	Antibiotique (famille des aminosides)	Traitement au long cours des infections pulmonaires chroniques à <i>P. aeruginosa</i> chez les patients atteints de mucoviscidose \geq 6 ans	nébuliseur pneumatique LC PLUS (voir RCP)
Arikace Amikacine (ATU)	Antibiotique	Traitement des infections pulmonaires à mycobactéries non tuberculeuses (MNT) causées par le complexe <i>Mycobacterium avium</i> (MAC) chez l'adulte dont les options de traitement sont limitées et n'ayant pas de mucoviscidose	Pari Lamira

Nom Princeps (DCI)	Classe pharmaco-thérapeutique	Indications	Spécification de dispositif
BECLOSPIN Béclométasone dipropionate	Glucocorticoïde antiasthmatique	Traitement continu de l'asthme chez l'adulte et l'enfant quand les DPE sont inutilisables ou inadaptés. Traitement des enfants ≤ 5 ans ayant des accès récurrents de sibilances.	nébuliseur pneumatique ou à tamis (pas d'ultrasonique)
Pulmicort (Budésonide)	Glucocorticoïde antiasthmatique	Traitement continu anti-inflammatoire de l'asthme persistant sévère de l'enfant	nébuliseur pneumatique ou tamis (pas d'ultrasonique)
GOMENOL soluble Niaouli (huile essentielle de Melaleuca quinquenervia)	Dérivé terpénique décongestionnant	Traitement d'appoint des états congestifs des voies aériennes supérieures	aucune
LOMUDAL Acide Cromoglicique sel de sodium	Inhibiteur de la dégranulation du mastocyte	Traitement continu anti-inflammatoire de l'asthme persistant léger / prévention de l'asthme d'effort	aucune
MucoClear 3 et 6 % (sérum salé hypertonique)	dispositif médical (DM)	Mobilisation des sécrétions bronchiques (agent osmotique)	
Pentacarinat (Pentamidine diiséthionate)	Antileishmanien / trypanocide Actif sur <i>P. carinii</i> (jaroveci)	Prévention des infections à <i>P. jirovecii</i> (anciennement <i>P. Carinii</i>) chez l'immunodéprimé notamment chez les sujets VIH + en cas d'intolérance ou de contre-indication au Bactrim	nébuliseur pneumatique fournissant un aérosol de DAMM < 2 µm (voir RCP)
Pulmozyme (<i>Dornase alpha</i>)	Désoxyribonucléase humaine recombinante	Traitement de l'encombrement bronchique des patients atteints de mucoviscidose âgés de plus de 5 ans (CVF ≥ 40% de la valeur moyenne théorique)	nébuliseur pneumatique (pas d'ultrasonique) voir RCP

Conclusion

- -Choix du système d'inhalation en fonction du médicament mais aussi du patient
- -Deux critères importants pour le choix du dispositif d'inhalation :
- **coordination main poumons et débit inspiratoire**
- -Privilégier les pMDI et SMI (coordination main poumons) et DPI (débit inspiratoire) en première intention
- -Ne pas changer de système d'inhalation si le patient est bien traité
- -Nébuliseur ou chambre d'inhalation si impossibilité embout buccal (nourrisson...): cadmasque
- -Le nébuliseur pneumatique est opérationnel pour toutes les situations/patients mais plus contraignant (préparation, durée d'inhalation)
- -Tenir compte également de la forme galénique du médicament inhalé (Attention aux hybrides !)