

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Comportement des aérosols : de l'installation à l'environnement

Jean-Claude LABORDE

Direction de la Sûreté des Usines, des laboratoires, des
transports et des déchets

Service d'Etudes et de Recherches en Aérodispersion des
polluants et en Confinement

SOMMAIRE

QUELQUES DONNEES ELEMENTAIRES RELATIVES AUX AEROSOLS

- Domaines de dimensions et de concentrations
- Caractérisation granulométrique
- Mécanismes élémentaires liés au comportement des aérosols

COMPORTEMENT CARACTERISTIQUE DES AEROSOLS

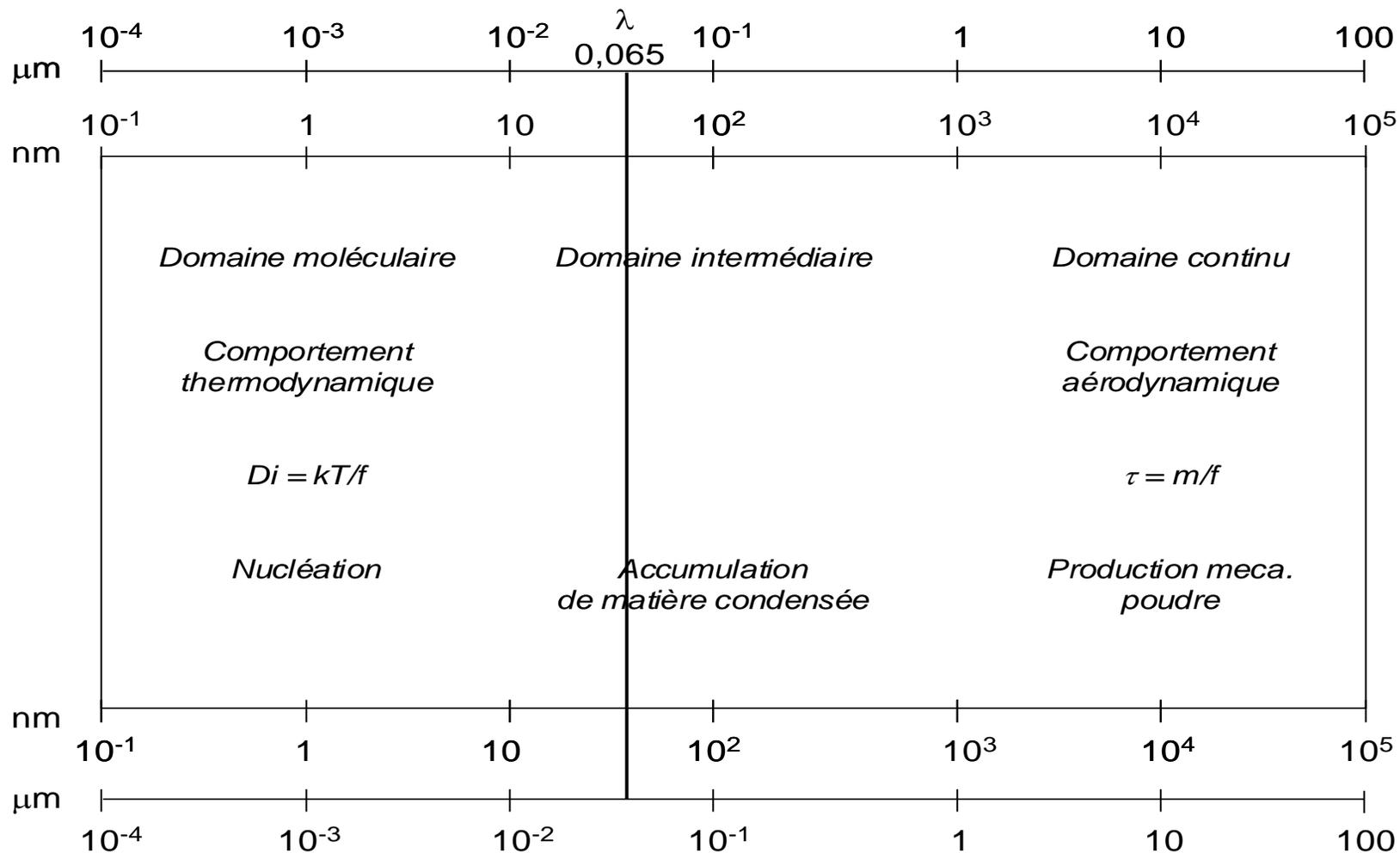
- Courbe en « V »

EXEMPLE D'APPLICATIONS DU COMPORTEMENT GENERIQUE DES AEROSOLS

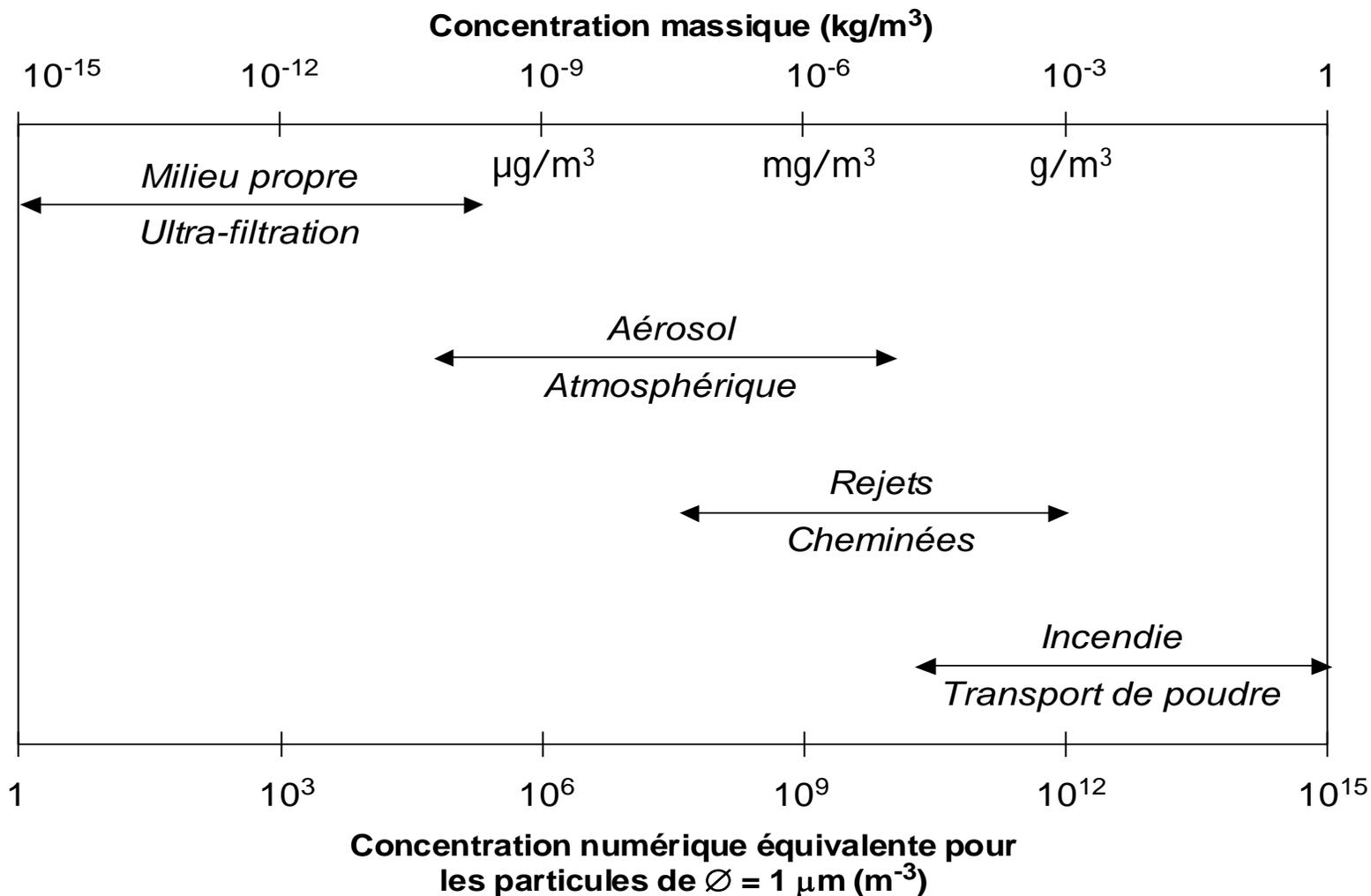
- Conduits de prélèvement
- Filtration
- Voies respiratoires
- Transport et dépôt dans l'environnement

CONCLUSION

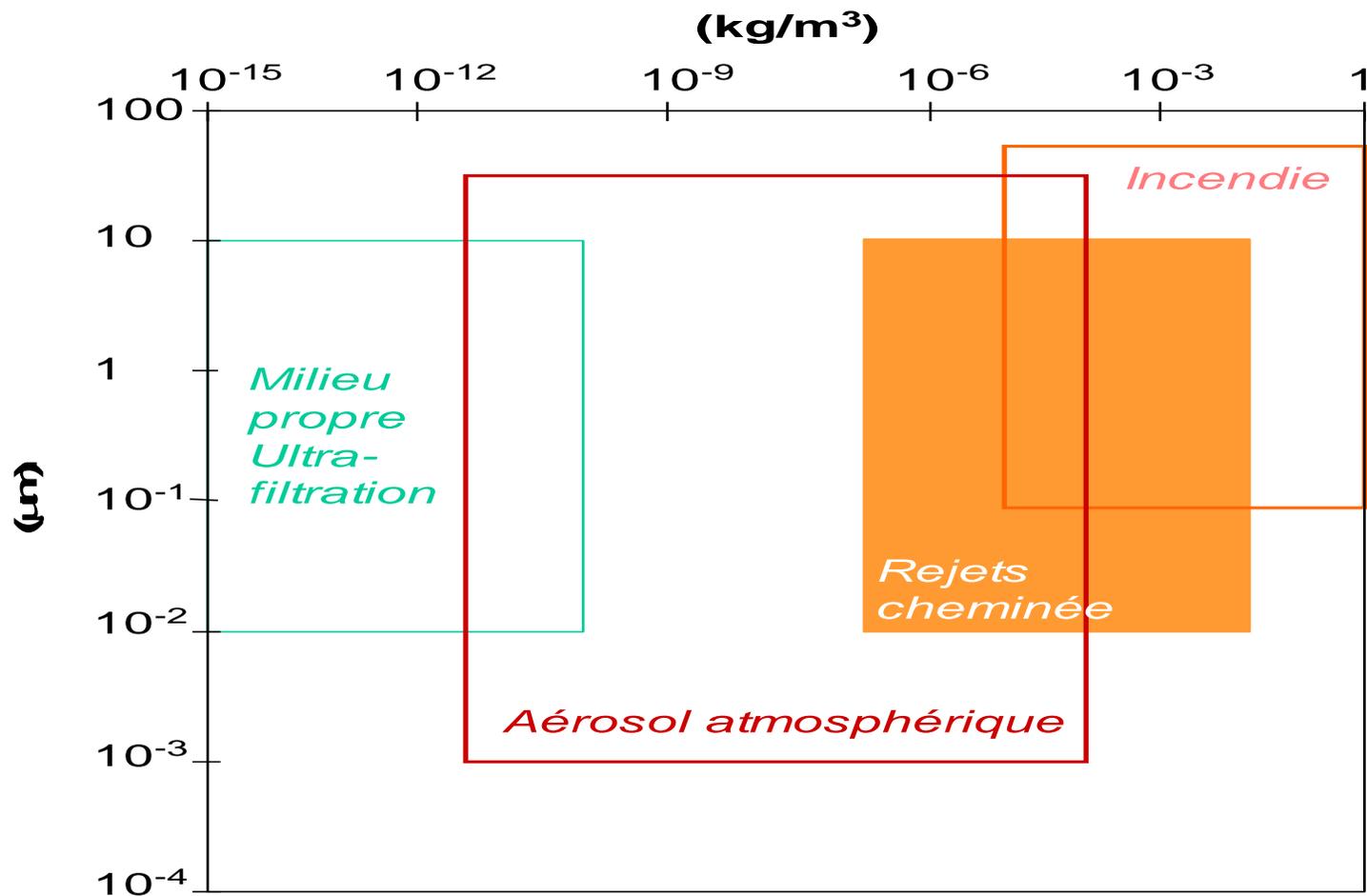
Domaine de dimensions



Domaine de concentrations

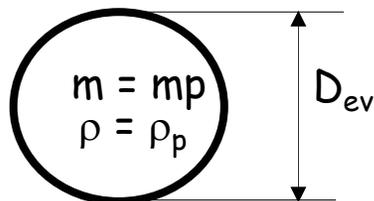


Domaines de dimensions et de concentrations

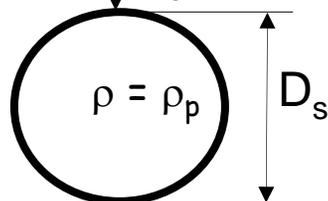
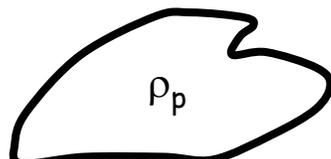


Caractérisation granulométrique

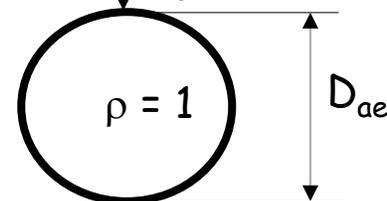
■ CARACTERISATION GRANULOMETRIQUE LIEE AU COMPORTEMENT



$$m = \frac{\Pi}{6} D_{ev}^3 \rho_p$$



V_s
Vitesse de
sédimentation
équivalente



V_s

D_{ev} diamètre équivalent
en volume

Diamètre de Stokes

Diamètre aérodynamique

$$D_a = D_{ev} \cdot [\rho_p / (1000 \cdot \chi)]^{0.5}$$

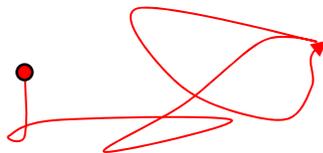
■ DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE USUELLE : LOI LOG-NORMALE

- Grandeurs caractéristiques : diamètre médian et écart-type géométrique

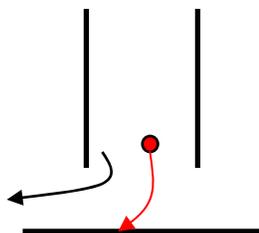
- Diamètre important en radioprotection : **Diamètre Aérodynamique Médian en Activité**

Mécanismes élémentaires liés au comportement des aérosols

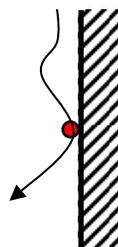
- Diffusion moléculaire



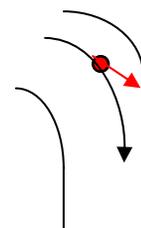
- Inertie/fluide vecteur



Impaction

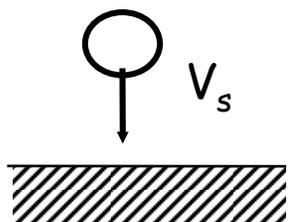


Turbulence

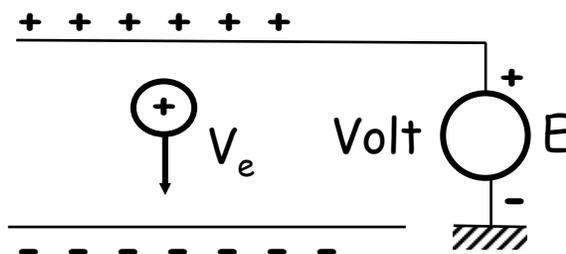


Centrifugation

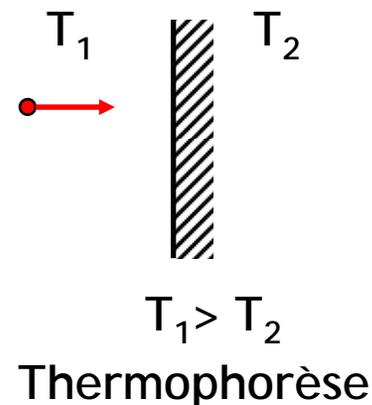
- Action d'un champ de forces



Sédimentation

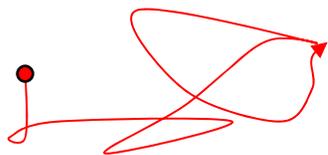


Electrophorèse



Thermophorèse

Comportement caractéristique des aérosols : courbe « en V »



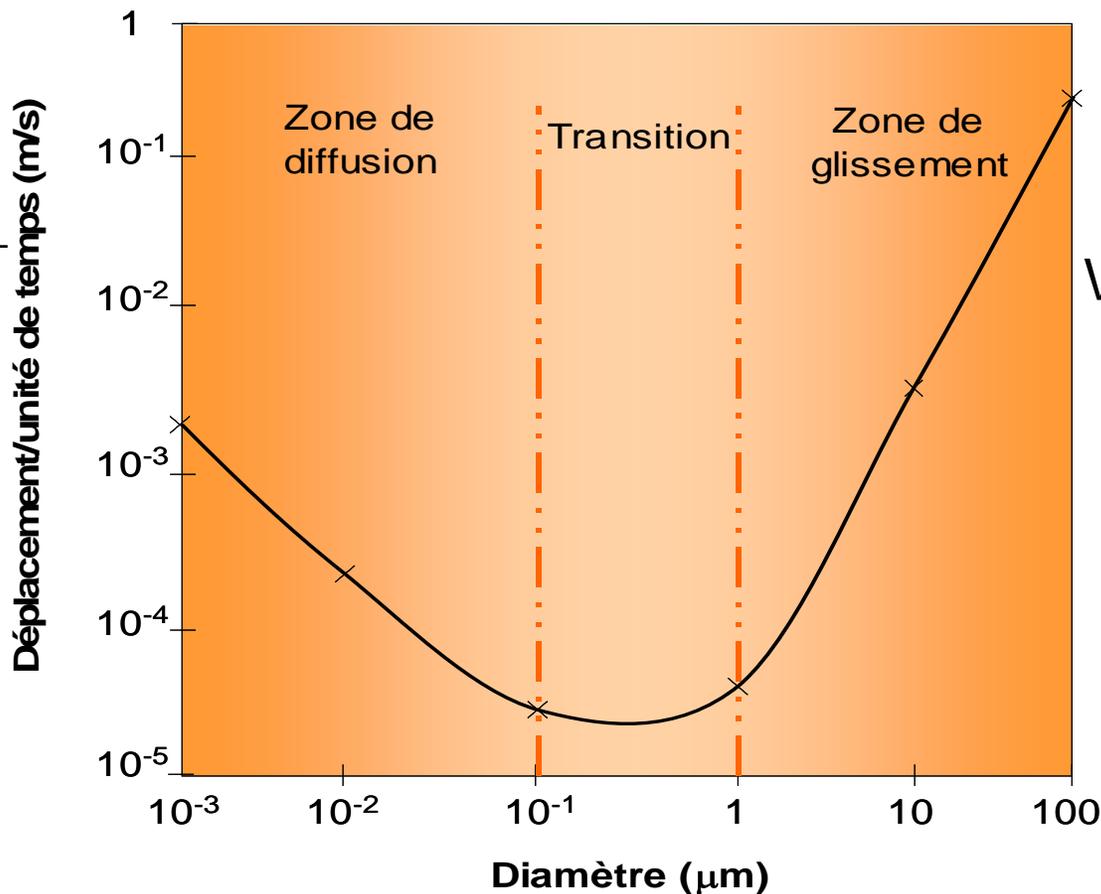
Diffusion

$$D = \frac{k T C}{3 \pi \mu d_p}$$

$$\overline{z^2} = 2 D t$$

3 mm/s
pour 1 nm

LA COURBE EN « V »



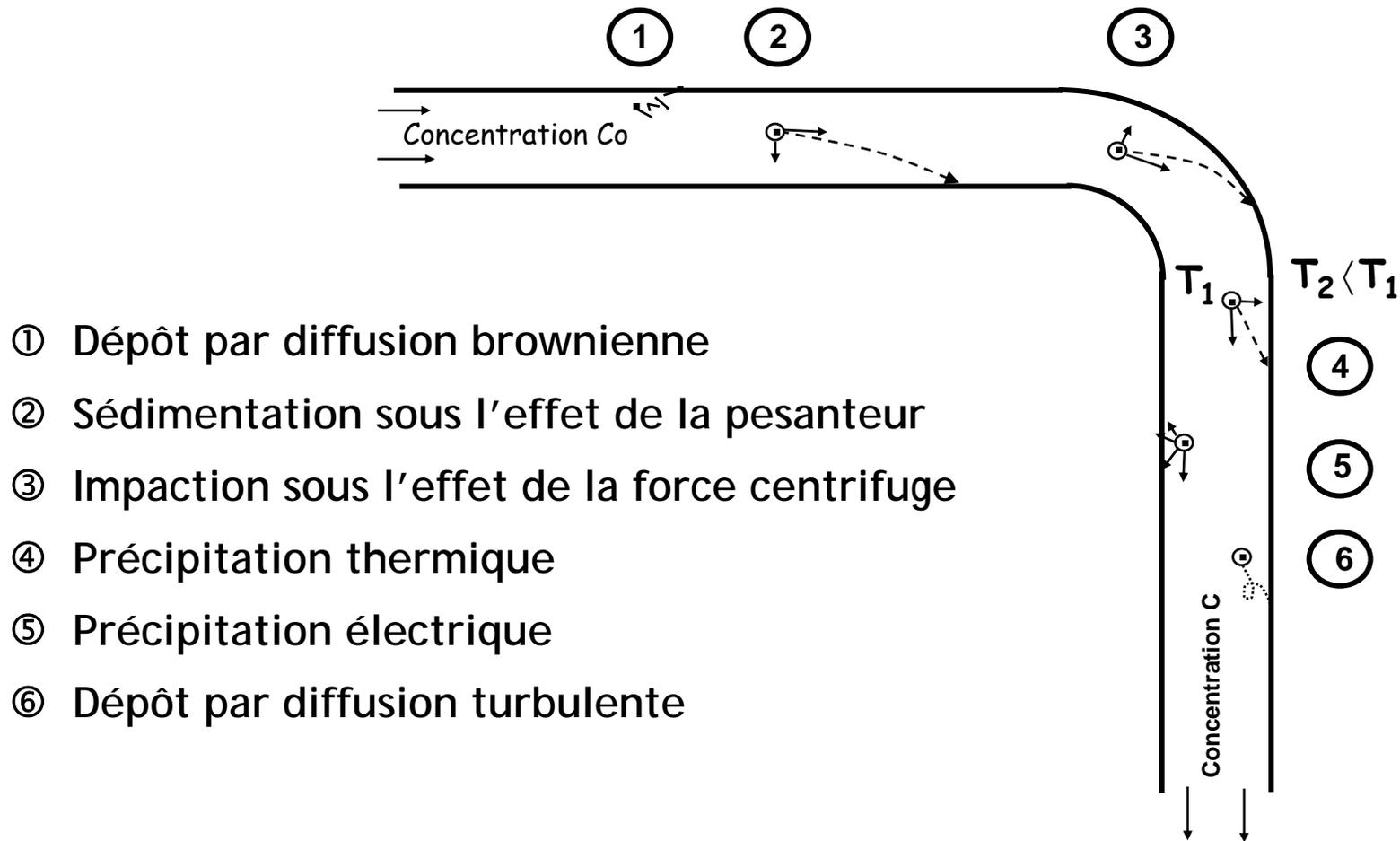
Sédimentation

$$V_s = \frac{d_p^2 \rho_p C g}{18 \mu}$$

3 mm/s
pour 10 µm

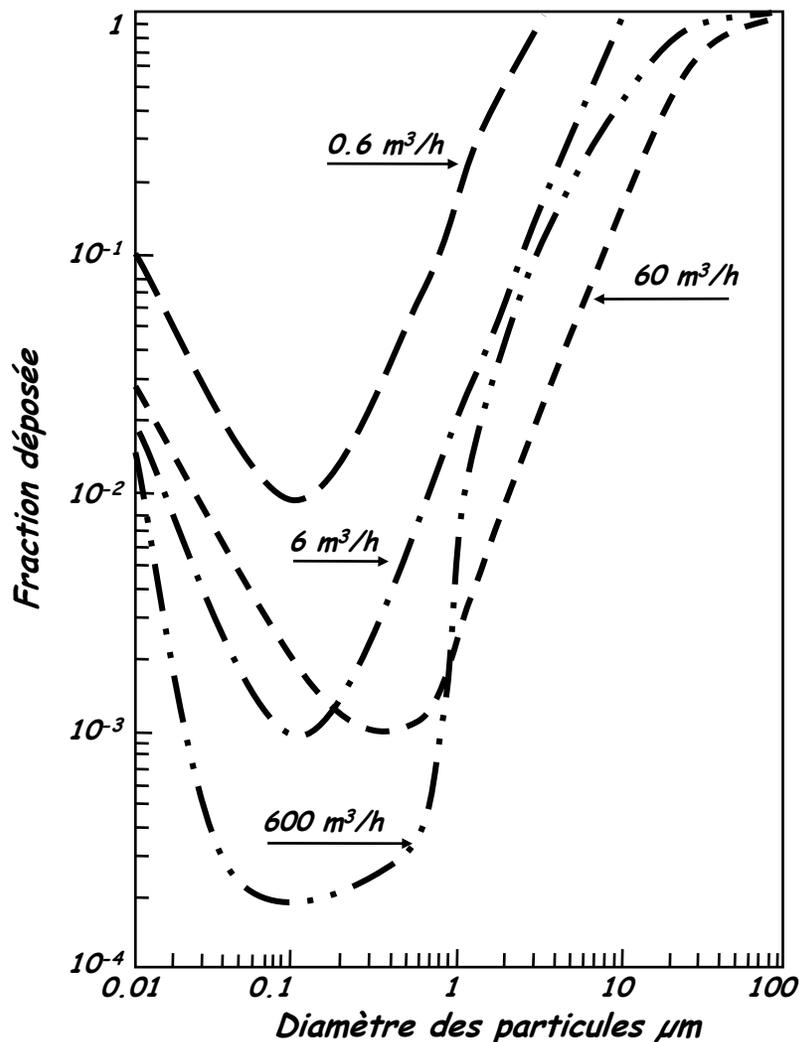
△ Ne pas oublier la diffusion turbulente liée à l'écoulement du fluide

Comportement caractéristique dans les conduits de prélèvement



- ① Dépôt par diffusion brownienne
- ② Sédimentation sous l'effet de la pesanteur
- ③ Impaction sous l'effet de la force centrifuge
- ④ Précipitation thermique
- ⑤ Précipitation électrique
- ⑥ Dépôt par diffusion turbulente

Comportement caractéristique dans les conduits de prélèvement

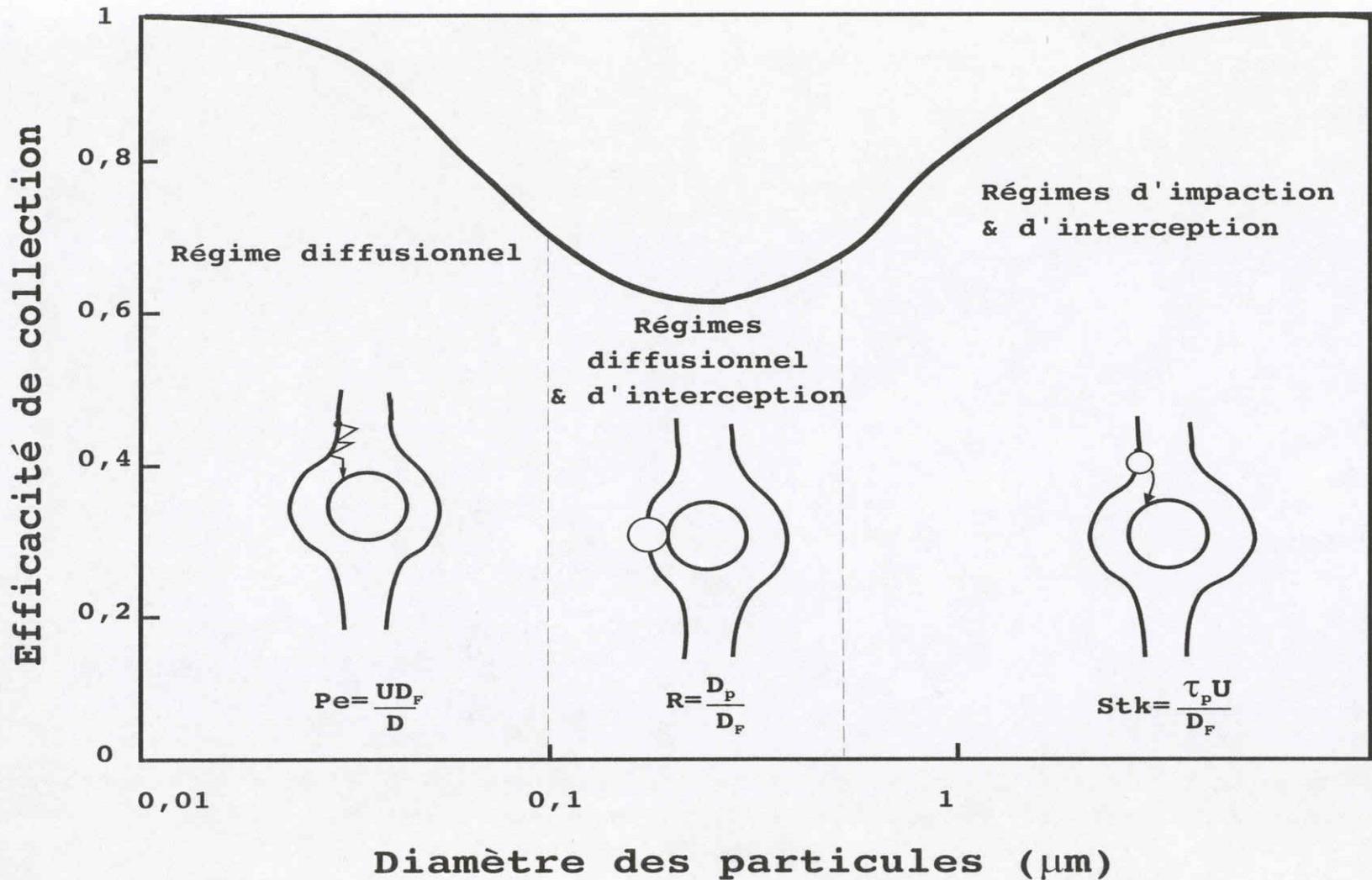


Exemple de dépôt de particules dans un conduit :

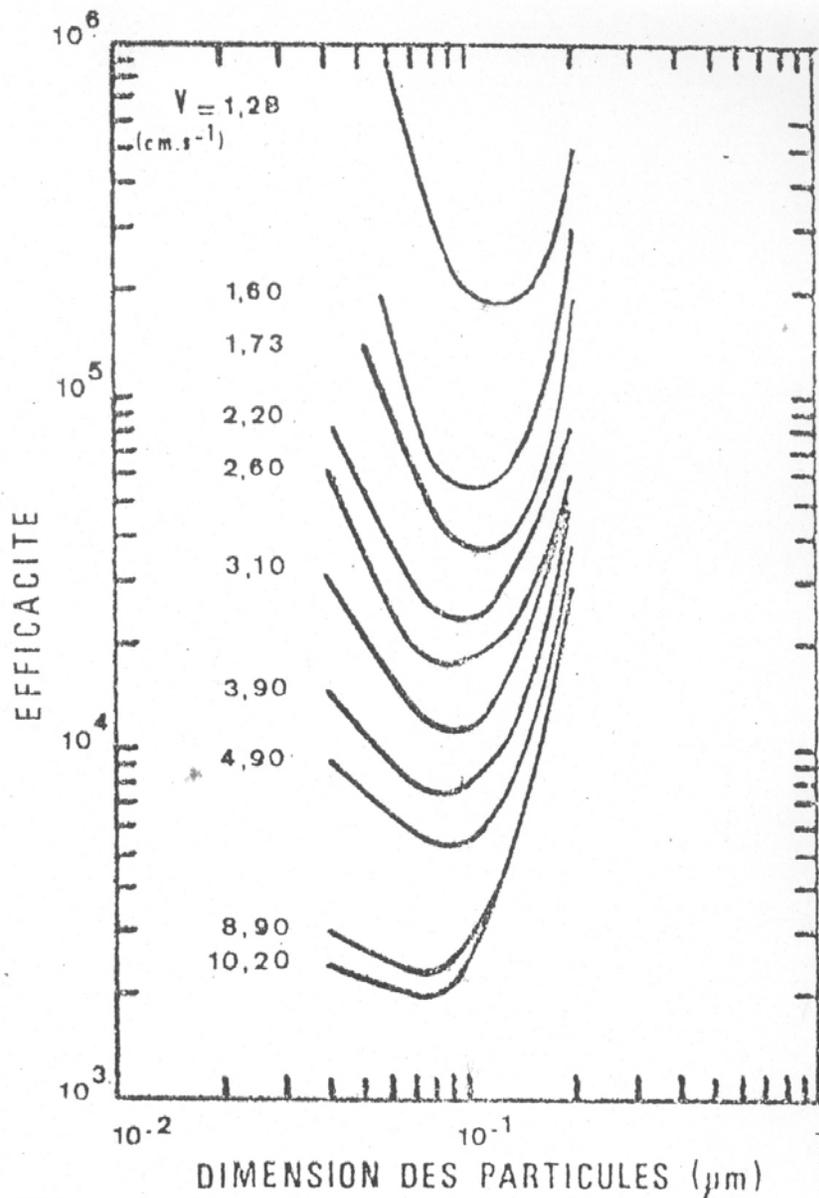
Longueur : 10 m
Diamètre : 10 cm

⇒ Dimensionner un système de prélèvement adéquat en intégrant un calcul de dépôt d'aérosols pour la surveillance des ambiances et des rejets

Comportement caractéristique en filtration des aérosols



Comportement caractéristique en filtration des aérosols



Exemple d'efficacité d'un filtre
THE :

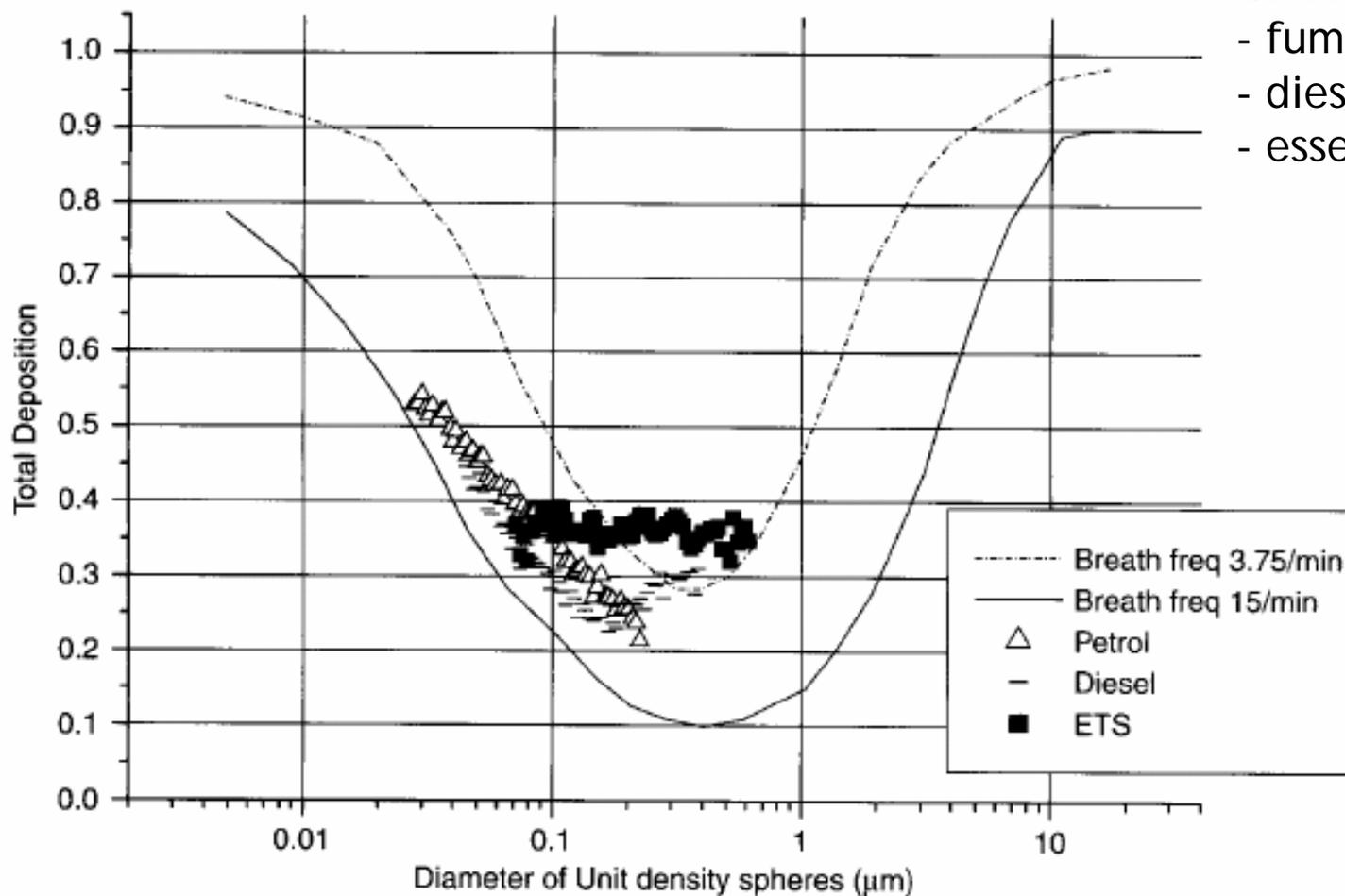
Coefficient d'épuration = $f(D_p, V_f)$

⇒ Importance de caractériser
l'efficacité des filtres industriels
et des filtres de prélèvement
utilisés pour la surveillance
atmosphérique

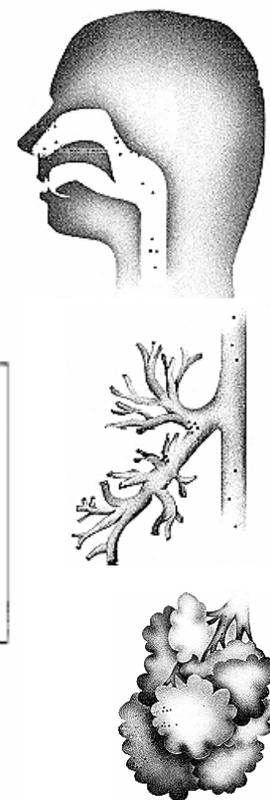
Briand & Dupoux, 1974

Comportement caractéristique dans les voies respiratoires

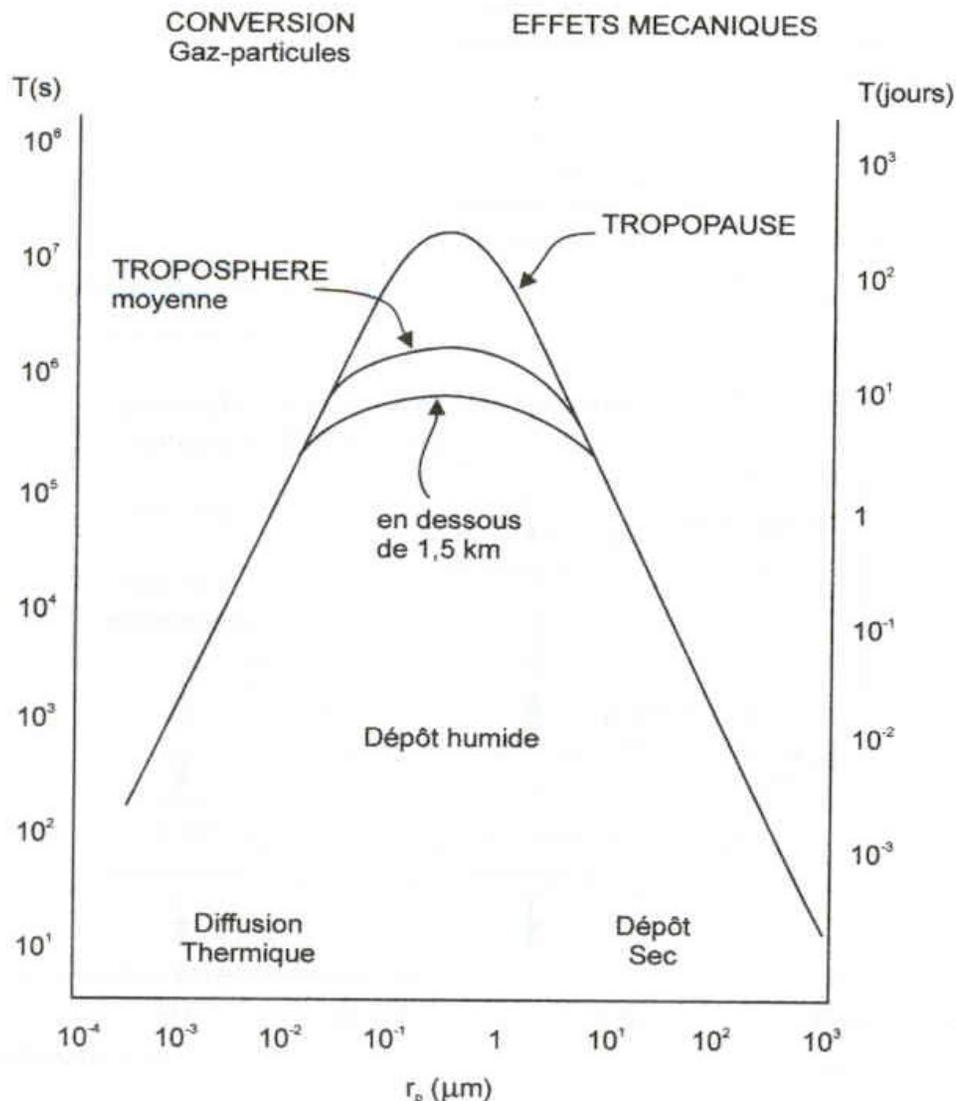
L. Morawska et al. / Aerosol Science 36 (2005) 939–957



Cas d'aérosols de combustion :
- fumée de tabac
- diesel
- essence



Comportement caractéristique dans l'environnement

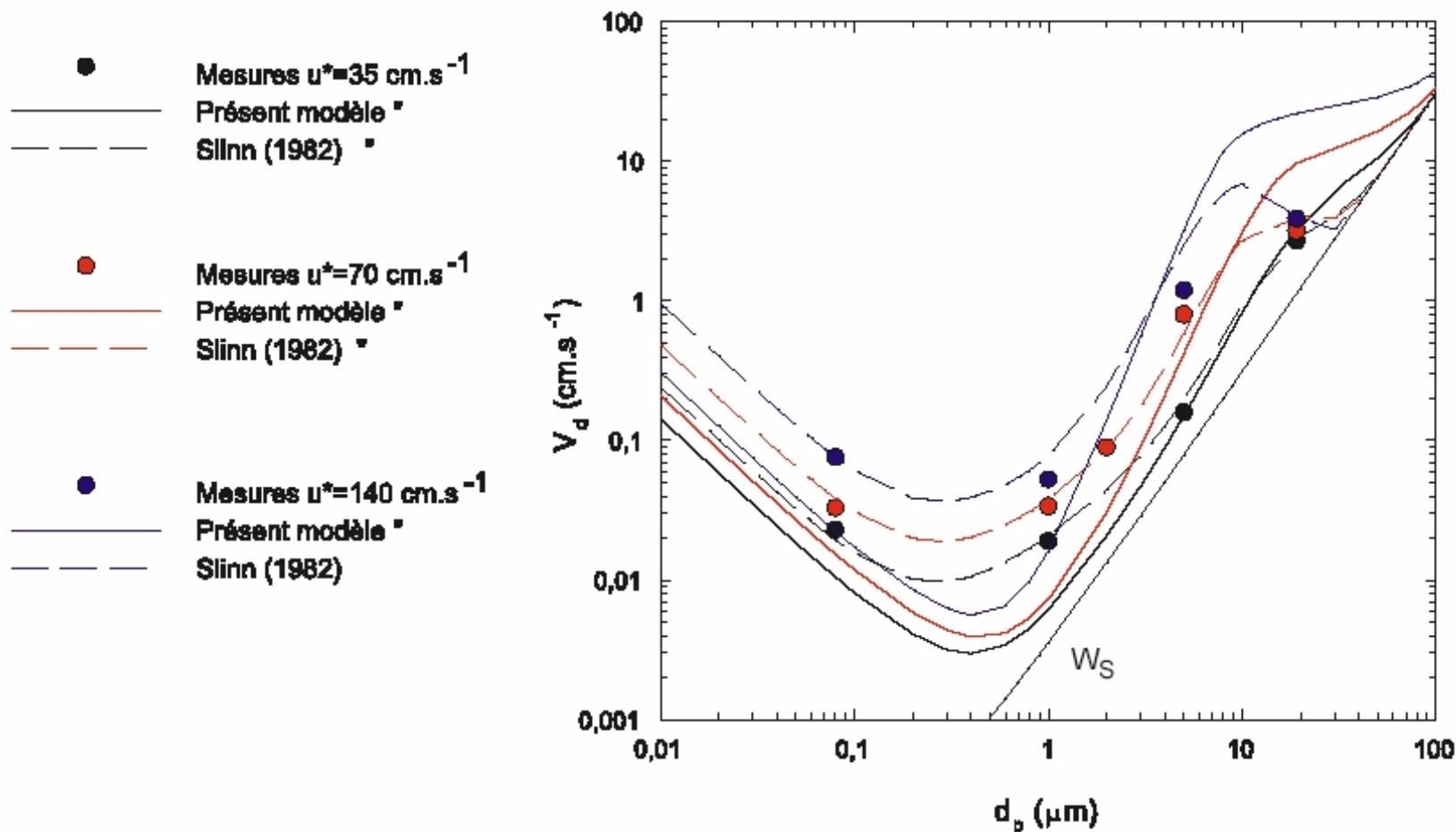


Temps de séjour des aérosols dans l'environnement

⇒ Les particules entre $0,1 \mu\text{m}$ et $1 \mu\text{m}$ sont celles qui sont transportées à plus longue distance

Boulaud & Renoux : « Les aérosols : physique et métrologie » . Editions Lavoisier, 1998

Comportement caractéristique sur un couvert végétal

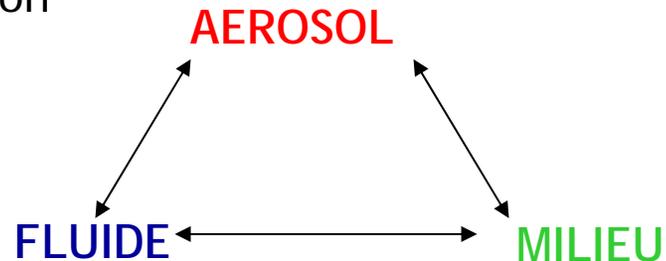


Vitesse de dépôt d'aérosols sur de l'herbe (Petroff, thèse 2005)

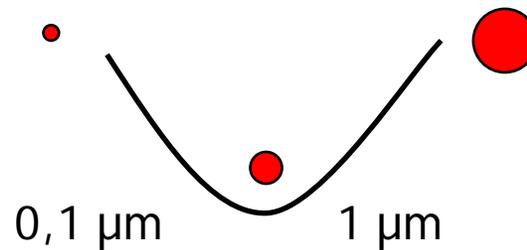
CONCLUSION

COMPORTEMENT DES AEROSOLS DE L'INSTALLATION A L'ENVIRONNEMENT :

- Résulte de l'interaction



- Il existe un comportement commun



- Relativement bien connu et modélisé dans le cas de systèmes élémentaires, au repos et invariants
- Travaux conséquents à réaliser afin d'intégrer la dynamique et la complexité des systèmes réels