

Cadre normatif européen associé aux capteurs:  
état d'avancement du projet de spécification  
technique sur l'évaluation des performances  
des capteurs pour la détermination  
de la concentration des polluants réglementés  
dans l'air ambiant (gaz, particules)

M. Gerbolès

*European Commission, Joint Research Centre*

F. Mathé

*Département Sciences de l'Atmosphère & Génie  
de l'Environnement - Mines Douai*



Comité  
Européen de  
Normalisation



**SAGE**  
Sciences de  
l'Atmosphère  
et Génie de  
l'Environnement



- 1) **Rappel du contexte**
- 2) **La « mission » du CEN TC 264 WG42 « Air Quality Sensors »**
- 3) **Quels choix techniques (*à ce jour*) ?**
- 4) **Conclusions & perspectives**

**La surveillance de la qualité de l'air ambiant (*extérieur*) en UE (gaz & PM) est assujettie à plusieurs référentiels régaliens (*à différentes échelles*):**

- **Au niveau européen** (*via 3 Directives*)
- **Au niveau national** (*via le Code de l'Environnement, plusieurs arrêtés associés et le PNSQA*)
- **Au niveau régional** (*via les PRSQA*)

Au niveau technique, ces référentiels régaliens permettent différentes «*options techniques*» en fonction de l'état constaté de la situation. Ces «*options techniques*» orientent vers des méthodes normalisées (ou non) devant répondre à des exigences en termes d'Objectifs de Qualité de Données (**OQD**) spécifiques.

*Ensemble du référentiel disponible sur <http://www.lcsqa.org>*

Polluant	Méthode de « mesure » + OQD			
	<i>Fixe (référence)</i>	<b>Indicative</b>	<i>Modélisation</i>	<b>Estimation objective</b>
SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub> , CO	$\pm 15 \%$	$\pm 25 \%$	$\pm 50 \%$	$\pm 75 \%$
Benzène	$\pm 25 \%$	$\pm 30 \%$	$\pm 50 \%$	$\pm 100 \%$
PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub>	$\pm 25 \%$	$\pm 50 \%$	$\pm 50 \%$	$\pm 100 \%$
O <sub>3</sub>	$\pm 15 \%$	$\pm 30 \%$	$\pm 50 \%$	$\pm 100 \%$
À utiliser quand les concentrations en polluant sont				
	$> SES$	$SEI \leq [ ] \leq SES$	$< SEI$	$< SEI$

*SES: Seuil d'Evaluation Supérieur*

*SEI: Seuil d'Evaluation Inférieur*

- **Méthode indicative:** mesure qui respecte des OQD moins stricts que ceux qui sont requis pour les mesures fixes
- **Estimation objective:** toute méthode formalisée permettant d'obtenir l'ordre de grandeur en polluant en un point donné ou sur une aire géographique sans nécessairement recourir à des outils mathématiques complexes ou aux équations de la physique (*F*)

➤ **Montée en puissance des « *micro-capteurs* » en QA**

- ⇒ Un marché « *envahi* » par beaucoup de « *produits* »
- ⇒ Une pression sociétale de plus en plus forte (besoin d'informations rapidement et facilement assimilables → rendre la pollution atmosphérique « *visible et concrète* » )
- ⇒ Une recrudescence de projets basés sur ce type d'outils (Citi-sense, AirCasting, AIRSenseEUR, Clarity, Ispex, TZOA...)

➤ **Questionnement de la Commission Européenne et du CEN sur la « *validité* » de ces produits (vis-à-vis de la réglementation et de la science)**

- ⇒ Respectent-ils les OQD des méthodes « *à moindre coût* » ?
- ⇒ Comment aider à séparer le bon grain de l'ivraie parmi la pléthore de dispositifs ?
- ⇒ Comment aider les constructeurs/distributeurs à mieux qualifier leur produit ?

⇒ **Création du WG42 « *air quality sensors* » au CEN TC 264 « *Air quality* »**

- **élaborer une Spécification Technique (TS) détaillant les exigences en termes de caractéristiques de performances ainsi que les méthodes d'essai associées (en laboratoire et sur le terrain)**

*Rappel : une TS est un « avant-projet » de norme que l'on souhaite valider pendant un certain temps pour s'assurer de son bien-fondé avant de l'homologuer, éventuellement après modification.*

- **dispositifs concernés:** capteurs à « *bas prix* » ("*5 x moins cher que la méthode de référence*"), réseaux de capteurs (pouvant inclure le support ainsi que des dispositifs auxiliaires pour le prélèvement, le traitement de données et/ou l'alimentation)
- **Polluants réglementés concernés ? :  $O_3$ ,  $NO_2/NO$ ,  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $C_6H_6$ ,  $CO_2$**  (en tant qu'indicateur de la qualité de l'air ambiant extérieur),  **$PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$**
- **Pour quelle qualification ? : respect des OQD (en absolu !) de la mesure indicative et de l'estimation objective + usage qualificatif (ya / yapa)**
- **3 « catégories » de capteur:** méthode indicative / méthode d'estimation objective / méthode informative

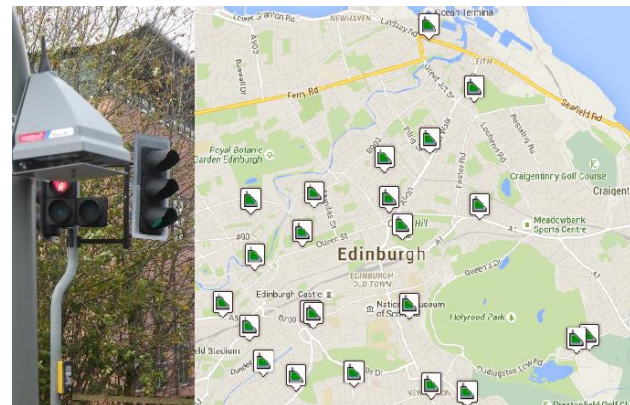


➤ **Pour quels objectifs ?:**

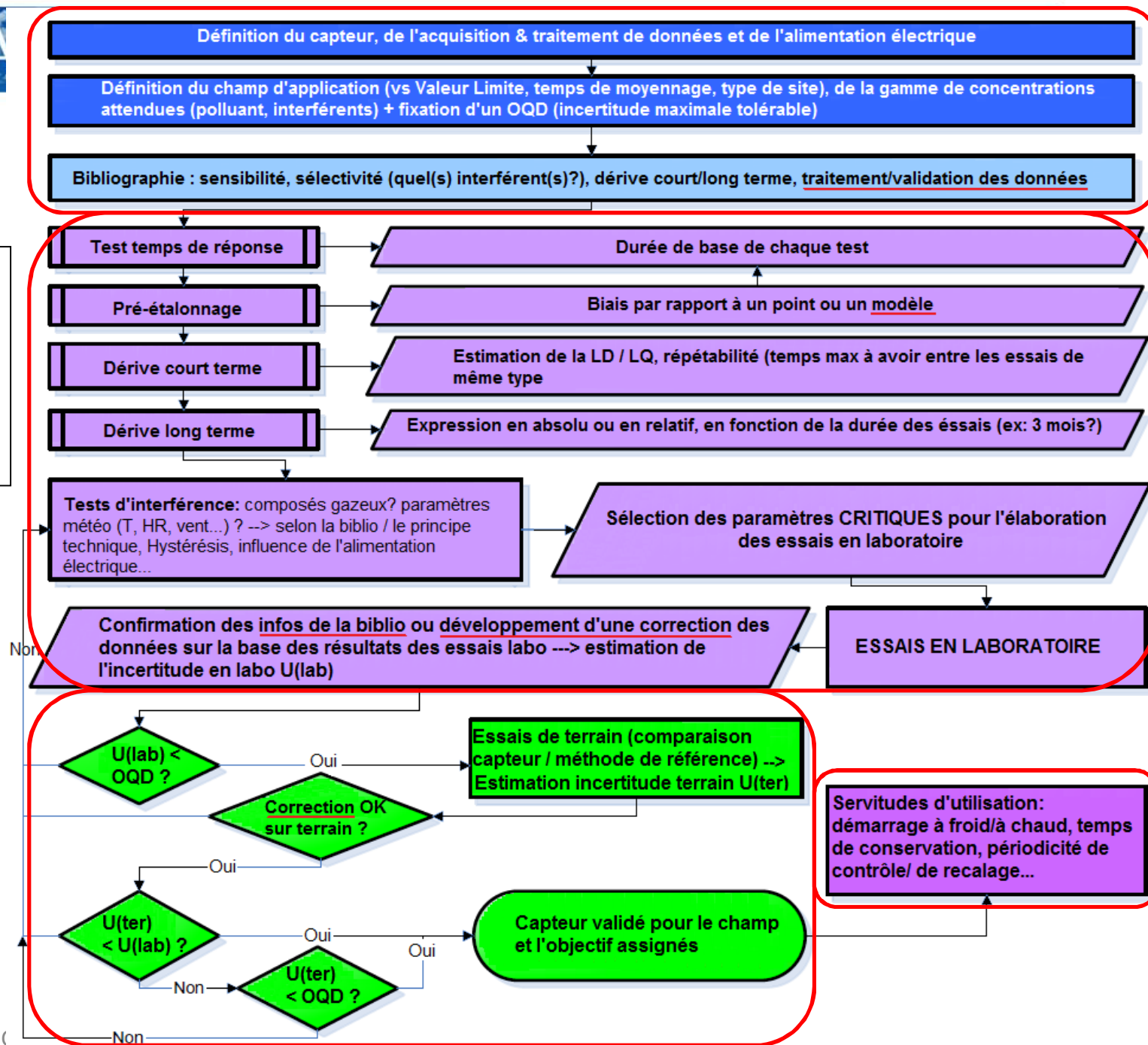
- Réduction des coûts de la mesure de la QA
- Augmentation de la couverture spatio-temporelle de la surveillance
- Accès à une information en situation « *spécifique* »:
  - en cas de topographie « *difficile* » ou de gradients de concentration (rue canyon, nœud/carrefour routier, proximité industrielle...)
  - pour l'exposition personnelle (piétons, cyclistes, transport en commun...)
  - Pour les projets en « *sciences citoyennes* » (mesure à proximité de récepteurs sensibles – écoles, parcs ...)

➤ **Pour quels domaines ?:**

- Air ambiant extérieur (~~air intérieur~~)
- En point fixe
- (*application mobile ? Gestion en réseau de capteurs ?*)



**Processus de qualification ?  
Cf. travaux du JRC - MACPoll**





Paramètre ( <b>significatif</b> )	Méthode indicative	Méthode d'estimation objective	Méthode informative
<b>Temps de réponse (en conditions contrôlées)</b>	L	L	L
Étalonnage (à T et HR constantes)	L*	L*	L*
Répétabilité (0/pt d'échelle, à T et HR constantes)	L	L	L
Dérive court/ <b>long terme</b>	L* / T*	L / T	T
<b>Interférences</b>	L*	L	T
<b>Temperature (T) &amp; humidité relative (HR)</b>	L*	L	T
<b>Hystérésis (≠ niveaux de concentration levels, T, HR ++)</b>	L*	L	T
Alimentation électrique (ex: coupure)	L*	L	----
Pression	L*	L	T

L: labo    T: Terrain    \*: fonction de correction possible

**Avec proposition sur nombre de tests / niveaux** : ex. tests de terrain de 3 mois, étalonnage sur 4 points min. (0-PE) à T et HR stables et sans interférents, 4 niveaux de T et HR...

Caractéristique technique	Méthode indicative	Estimation objective
Temps de réponse	$< 1/10$ du temps de moyennage (1h) en site trafic $< 1/3$ du temps de moyennage (1h) en site de fond	
Écart de linéarité ( <i>incluant l'effet d'hystérésis</i> )	$< 8\%$	$< 12\%$
Répétabilité $r$ Limite de Détection LD	$O_3, NO, NO_2$ : $r = 4$ ppb, LD = 10 ppb $CO$ : $r = 50$ ppb, LD: 100 ppb $SO_2$ : $r = 4$ ppb, LD = 20 ppb $CO_2$ : $r = 10$ ppm, LD = 20 ppm	→ Le double
Dérive court / long terme	$O_3, NO, NO_2$ : 6 / 8 ppb $CO$ : 75 / 100 ppb $SO_2$ : 6 / 8 ppb $CO_2$ : 15 / 20 ppm	→ Le double
Interférents	$O_3, NO, NO_2$ : 6 à 8 ppb $CO$ : 75 à 100 ppb $SO_2$ : 6 à 8 ppb $CO_2$ : 15 à 20 ppm	→ Le double

Caractéristique technique	Méthode indicative	Estimation objective
Influence T ( <i>incluant l'effet d'hystérésis</i> )	O <sub>3</sub> , NO, NO <sub>2</sub> : 8 ppb CO : 100 ppb SO <sub>2</sub> : 8 ppb CO <sub>2</sub> : 20 ppm	→ Le double
Influence HR ( <i>incluant l'effet d'hystérésis</i> )	O <sub>3</sub> , NO, NO <sub>2</sub> : 8 ppb CO : 100 ppb SO <sub>2</sub> : 8 ppb CO <sub>2</sub> : 20 ppm	→ Le double
Influence de la pression	à décider	à décider

**A confirmer via des essais de validation**

**Attention au calcul d'incertitude...**

- . **identification non ambiguë du dispositif testé**
- . **portée précise de la validation**
- . **Etude bibliographique**
- . **Détails des essais en labo**
  - Moyens mis en oeuvre (chambre d'exposition, système de génération des gaz, mesures de référence...)
  - **Résultats des  $\neq$  paramètres testés** (temps de réponse, étalonnage, répétabilité, Limite de Détection, dérive court/long terme, interférents, effet de T, HR, P...)
  - *Méthodologie pour la validation/modélisation des mesures de capteur ?*
  - **Incertitude en conditions de labo**
- . **Détails des essais sur le terrain**
  - **Sites de mesure** (typologie, macro/micro environnement, période couverte...)
  - **Estimation de l'incertitude sur le terrain**
  - **Procédure d'étalonnage du capteur**
- . **informations pratiques additionnelle** (démarrage à froid / chaud, alimentation électrique, critères de choix de site/mise en oeuvre...)
- . *verdict final quand à la qualité du système ?*

➤ **Validité des choix techniques pris**

↳ Trouver des financements pour les essais de validation

➤ **Manque d'informations en ce qui concerne les PM**

↳ Gros travail en perspective

➤ **Approche très « métrologique » focalisée sur les caractéristiques techniques**

↳ Traitement - utilisation de l'information / big data ?

➤ **Décalage entre l'échéance des travaux du WG42 (2020 ?) et la vitesse d'évolution / de « propagation » des dispositifs**

➤ **Décalage entre le champ d'application de la TS (air ambiant extérieur en point fixe) et le principal contexte actuel d'utilisation des capteurs (« tout » air ambiant, en mobile)**

- 😊: Elaboration d'un « *référentiel* » permettant
- à l'utilisateur de distinguer le « *bon* » du « *moins bon* » parmi les systèmes et de qualifier / valider un dispositif choisi
  - au fabricant / distributeur de caractériser au mieux son produit

- 😐: Il y a encore du pain (spécial) sur la planche...
- Air ambiant extérieur en point fixe
  - PM !!!
  - Essais de validation / calcul d'incertitude

- ☹: Lenteur du processus au regard du développement exponentiel des capteurs et des projets de mise en œuvre
- arrivée comme les cavaliers d'Offenbach ?

⇒ **Nécessité d'un cadre national dès 2017 pour la surveillance réglementaire de la QA**



Merci de votre attention !



*«Je crains le jour où la technologie dépassera l'homme. Le monde aura alors une génération d'idiots. »* **A. Einstein**