

QUALITE DES RESULTATS D'UN LABORATOIRE

A. MONTIEL

S.A.G.E.P.

9 rue Schoelcher - 75014 PARIS

CONTROLE DES RESULTATS D'ANALYSES

- CONTROLES INTERNES

- CONTROLES EXTERNES

Les analyses données par un laboratoire servent à la prise de décisions : usages, traitement...

Les analyses doivent être justes, sûres et correspondre à ce que l'on voulait analyser. Les recherches sur la pollution de l'eau, les études épidémiologiques dépendent de la qualité des analyses.

L'importance des analyses impose que chaque laboratoire ait un contrôle de qualité.

Quand plusieurs laboratoires interviennent pour fournir des données à une banque de données, il est impérativement imposé d'avoir une méthode identique et normalisée.

Cette demande est d'autant plus importante que bien souvent on détermine des indices et non des paramètres spécifiques.

- indice phénol
- indice CH₂
- oxydabilité
- indice détergents

CONTROLE DE QUALITE

ASSURANCE DE QUALITE

Système établi par le directeur du laboratoire qui permet d'être assuré que le contrôle de qualité peut être effectivement effectué dans le laboratoire.

CONTROLE DE QUALITE

Système établi par le responsable du laboratoire qui permet d'être assuré de la qualité et de l'interprétabilité des résultats donnés par le laboratoire.

OBJECTIF DU CONTROLE DE QUALITE

IL DEPEND :

- 1 - de l'élément à doser
- 2 - de la concentration de l'élément
- 3 - de l'utilisation des résultats :
 - * inventaire
 - * autorisation
 - * comparaison avec des normes
 - * exécution, application
 - * projet
 - * contrôle de process
 - * études et recherches

IL FAUT ADAPTER LE CONTROLE DE QUALITE A
L'USAGE QUE L'ON FAIT DES CHIFFRES

CONTROLE DE QUALITE

IL DOIT INTEGRER L'ANALYSE DU PRELEVEMENT A LA
REMISE DU RESULTAT

PRELEVEMENT

- * lieu
- * heure
- * représentativité
- * nombre

PRETRAITEMENT

- * flacon
- * acidification, alcalinisation
- * filtration in situ
- * adsorption, concentration
- * piégeage, blocage

CONSERVATION

- * température
- * obscurité, lumière
- * durée

LABORATOIRE

METHODE D'ANALYSE

La méthode doit dépendre :

- * de l'élément dosé
- * de la concentration de l'élément à doser
- * de l'échantillon
- * de l'utilisation du résultat

LA MEME METHODE NE PEUT PAS ETRE UTILISEE
POUR TOUTES LES ANALYSES D'UN MEME ELEMENT.

QUALITE ANALYTIQUE

- * Erreurs systématiques
- * Erreurs aléatoires
- * Faux positifs, faux négatifs
- * Sécurité analyses (résultats non rendus : perte échantillon, perte résultats, résultats ininterprétables, erreurs de frappe)

CHAQUE ERREUR PEUT JOUER UN ROLE IMPORTANT
SUIVANT LES UTILISATIONS DE L'ANALYSE

- * Faux positifs, faux négatifs (très importants pour les études de Screening, les inventaires)
- * Erreurs systématiques (très importants pour l'estimation des concentrations en polluants)

ETUDE DES ERREURS

BIAIS

- * Le sens de variation de la mesure par rapport à la valeur réelle.
- * Mesure de l'erreur systématique.

PRECISION

- * variation du résultat pour un même échantillon.
- * Mesure des erreurs aléatoires.

SENSIBILITE

- * Probabilité de détecter un composé quand il est présent dans l'échantillon.
- * Mesure inverse de la fréquence des faux négatifs.

SPECIFICITE

- * Probabilité de ne pas détecter un composé qui n'est pas présent dans l'échantillon.
- * Mesure inverse de la fréquence des faux positifs.

SERIEUX DU LABORATOIRE

- * Le pourcentage de valeurs données interprétable par rapport aux analyses données qui auraient dû être interprétables.
- * Le temps de remise des résultats d'analyses.
- * Les erreurs de frappe lors de la transmission des résultats.

ASSURANCE QUALITE DU LABORATOIRE

- 1') Tolérance d'erreur sur les analyses (bouclage...)
- 2') Résultats à atteindre suivant les utilisations.
- 3') Modèles statistiques permettant de repérer les erreurs.
- 4') Contrôle périodique de la qualité des résultats analytiques.
- 5') Contrôle final des résultats remis.
- 6') Compétence de la personne qui signe les résultats finaux.

VALIDATION DES RESULTATS ANALYTIQUES

- Blancs
- Calibrations
- Cahiers de laboratoire avec détail des manipulations
- Tests interlaboratoires
- Contrôle des appareils
- Etude des méthodes du laboratoire
- Système d'audits
- Matériaux de référence
- Duplication des analyses
- Echantillonnage au laboratoire
- Bilan analytique, ajout connu
- Plan d'analyse
- Autres paramètres permettant des contrôles
- Validation des résultats

BLANCS

Les blancs servent à identifier les biais dus aux contaminations. On peut les utiliser statistiquement pour corriger des biais.

DEUX SORTES DE BLANCS

- 1') Blancs des réactifs : pour la méthode d'analyse.
- 2') Blancs témoins : pour toute l'analyse du prélèvement à la méthode d'analyse.

Les blancs ne donnent pas une sécurité absolue :

- Contamination d'un échantillon à l'autre (solvants, réactifs, verrerie...)
- Contamination par lot d'échantillons, mauvaise pratique de l'échantillonnage.
- changement au cours de la manipulation, mauvaise observation du mode opératoire analytique.

PRECAUTIONS A PRENDRE QUANT A LA PRATIQUE DES BLANCS

- 1') La différence entre la procédure des blancs et de l'analyse réelle peut conduire à des biais. Il faut vérifier que des procédés identiques ne sont pas nécessaires.
- 2') Les blancs comme les analyses peuvent être soumis à des erreurs.
- 3') L'extrapolation des blancs à d'autres échantillons peut conduire à des erreurs (contamination différente d'un échantillon à l'autre).
- 4') La fréquence des blancs ne peut être réduite que si on l'a vérifiée.
- 5') Si l'erreur s'effectue de la même façon sur le blanc et sur l'échantillon, le blanc ne corrige rien du tout.

CALIBRATION

C'est la relation mathématique qui lie la réponse de l'appareil à la concentration dans l'échantillon.

Il faut répondre à plusieurs questions :

- 1') Quelle est le type de relation mathématique ?
(linéaire...)
- 2') Quel est le domaine d'application ?
(linéarité...)
- 3') Quelle est la meilleure estimation expérimentale ?
- 4') Quelle est la stabilité de la relation ?

DEUX METHODES DE CALIBRATION

- Calibration externe
- Calibration interne

CALIBRATION

Que la calibration soit interne ou externe, il faut effectuer plusieurs déterminations avec des concentrations différentes. Ensuite on établit une relation réponse / concentration par mesure statistique :

- soit mesure de la hauteur d'un signal,
- soit mesure de la surface d'un signal.

Les erreurs de calibration jouent un grand rôle sur les erreurs analytiques. Chaque courbe de calibration doit être donnée avec une déviation standard et un écart type.

Les erreurs sur la relation réponse/concentration peuvent être des sources d'erreurs d'analyses. Dans ce cas, il faut beaucoup plus de points de calibration.

Paramètre important :

La fréquence de repassage de la courbe d'étalonnage si elle diffère de x %, il faut en refaire une autre ou recommencer toute l'analyse.

PRECAUTIONS A PRENDRE POUR LA CALIBRATION

- 1') Utilisation d'une mauvaise relation réponse/calibration (interception avec zéro quand ce n'est pas le cas).
- 2') Réponse différente de la gamme d'étalonnage et des échantillons. Mode opératoire différent (micropolluants organiques sans extraction).
- 3') La gamme doit couvrir tout le domaine d'analyse. Le minimum de points est 3.
- 4') Il faut repasser la gamme de façon à éliminer les erreurs aléatoires.
- 5') La variation de la relation réponse/calibration peut être à l'origine de biais importants. Il faut vérifier la stabilité.
- 6') Bien souvent, les standards instables sont causes d'instabilité des résultats.
- 7') Une fréquence trop forte de calibration d'un système stable peut diminuer la précision de l'analyse. Il est bon de connaître la variance des facteurs de réponse au cours de la journée ou d'un jour à l'autre.

- 9') Les données de la calibration sont importantes
Les relectures de concentrations ne mettent pas forcément en évidence des effets de matrice.
- 10') La méthode statistique d'évaluation de la rejetabilité est toujours meilleure que le système pifométrique.
- 11') L'extrapolation de la courbe à basse comme à haute teneur peut être à l'origine de biais.

CAHIERS DE LABORATOIRE

Dans le cahier de laboratoire tout doit être consigné afin qu'une personne étrangère à l'analyse puisse tout retrouver et recalculer les concentrations en pouvant tenir compte de tous les phénomènes externes et internes à l'analyse.

Tous les contrôles effectués doivent être consignés. Il est indispensable de donner le coefficient de variation standard.

TESTS INTERLABORATOIRES

On les utilise pour :

- tester une méthode d'analyse,
- comparer des méthodes entre elles,
- pour évaluer la compatibilité de plusieurs laboratoires.

Cela permet au laboratoire d'éliminer les extrêmes

PRECAUTIONS A PRENDRE POUR LES TESTS INTERLABORATOIRES

- 1') Cela permet de savoir si une méthode d'analyse est valide et peut être effectuée par plusieurs laboratoires. Une bonne méthode doit pouvoir être appliquée dans différents laboratoires.
- 2') On ne fait un test interlaboratoire que lorsque tout le protocole est défini. Cela permet de connaître les biais et la précision.
- 3') Pour le test de la méthode, il ne faut surtout pas sélectionner les laboratoires. Le test doit être fait dans les conditions d'applications de la méthode.
- 4') L'interprétation des résultats doit être effectuée par une bonne méthode statistique.
- 5') Tous les renseignements obtenus sur le test doivent être reportés dans la description de la méthode d'analyse.

- 6') On a souvent tendance à éliminer les extrêmes en partant du fait que la répartition des résultats est normale. Cela peut conduire à des biais.
- 7') On ne doit rien changer à la manière de travailler ou à la méthode durant le test.
- 8') On ne doit pas tenir compte durant l'essai des résultats des autres laboratoires.
- 9') Il faut un laboratoire effectuant la coordination du test.
- 10') Les échantillons à l'aveugle sont les meilleurs
- 11') Pour les récupérations : un laboratoire qui est proche de 100 % n'est pas forcément le meilleur. Il doit expliquer comment il y est parvenu.

CONTROLE DES APPAREILLAGES

- Vérification par les utilisateurs
- Contrat d'entretien (cahier d'entretien)
- Suivi du vieillissement de certaines parties (cahier de marche)
- Ambiance de la pièce où se trouvent les appareillages
- Pureté des gaz

ETUDE D'AUTRES METHODES

Il faut être prudent quant à leur utilisation en routine.

Une méthode nouvelle qui n'a pas été testée expérimentalement et dont on n'a pas prouvé qu'elle donnait des résultats équivalents ne peut remplacer une ancienne méthode.

Il faut vérifier :

- les conditions expérimentales,
- la relation réponse/concentration,
- étude de matrice,
- pureté des réactifs,
- options (calibration, équipement, colonnes...)

Il faut se méfier des simplifications non vérifiées

Il faut se méfier de l'extrapolation d'une méthode valide pour une matrice à une autre matrice.

SYSTEMES D'AUDITS

C'est une évaluation quantitative de la qualité d'un laboratoire. Cet audit peut être effectué par un organisme extérieur ou par des personnes du laboratoire.

L'audit permet :

- 1') de mettre en évidence les possibilités d'un laboratoire mais pas ce qui se passe en routine.
- 2') il faut prendre en compte le nombre d'analyses du laboratoire car le système d'audit est limité dans le temps.
- 3') la réponse de l'audit est fonction de l'audit lui-même (connaissance des personnes composant l'audit).
- 4') il est bon pour comparer des laboratoires entre eux par plusieurs audits d'avoir une liste de questions ou paramètres à prendre en compte.

PARAMETRES A PRENDRE EN COMPTE PAR L'AUDIT

PARAMETRES ANALYSES

NOMBRE DE PARAMETRES

APPAREILLAGE

- * Nature,
- * Entretien,
- * Maintenance extérieure,
- * Cahier d'entretien,
- * Cahier de marche.

TECHNICIENS

- * Nombre,
- * Spécialisation,
- * Recyclage,
- * Initiatives.

METHODES LABORATOIRES

- * Méthodes d'analyses,
- * Adaptation à l'analyse,
- * Cahier de laboratoire,
- * Vérifications internes (bouclage, ajout connu)
- * Calibration (interne, externe)
- * plan d'expérience.

CHEF DE LABORATOIRE

- * Analyses ininterprétables,
- * Validation des résultats,
- * Moyens de contrôles mis en oeuvre (équilibres, bouclages, statistiques)

TRANSMISSION DES RESULTATS

- * Qualification du personnel transcrivant les résultats,
- * Relecture des analyses,
- * Conclusion,
- * Temps de transmission.

MATERIAUX DE REFERENCE

Ce sont des matériaux très bien connus et certifiés pour certains éléments.

Il faut tenir compte de plusieurs facteurs :

- 1') Un mauvais matériel de référence peut être à l'origine d'erreurs.
- 2') Un matériau de référence ne peut pas transformer une mauvaise méthode en une bonne méthode. Il ne permet que de mettre en évidence les limites d'une méthode.
- 3') Le matériau de référence montre la présence d'un problème mais ne le règle pas. Il faut ensuite étudier l'élimination de l'erreur.
- 4') Le matériau de référence pour servir doit être utilisé avec des méthodes statistiques de comparaison des résultats.
- 5') Le matériau de référence doit être traité de la même manière que les autres échantillons.
- 6') Il faut disposer de l'homogénéité du matériau de référence.

DUPLICATION DES ANALYSES

On peut utiliser deux types de duplications :

1') DUPLICATION AU LABORATOIRE :

Plusieurs aliquotes sont traitées de la même façon et analysées.

2') DUPLICATION DU PRELEVEMENT :

Plusieurs échantillons sont prélevés au même moment et passent par les mêmes étapes au cours de l'analyse.

PRECAUTIONS A PRENDRE POUR LA DUPLICATION DES ANALYSES

- 1') Il faut comparer les résultats à l'aide d'une méthode statistique.
- 2') Il faut faire entrer le nombre de duplications dans l'analyse statistique.
- 3') Le fait que la précision peut dépendre de la concentration doit être pris en compte dans l'étude statistique. Le résultat peut être affecté par les dilutions.
- 4') Les duplications doivent être indépendantes : piquer deux fois un extrait en chromatographie ne correspond pas à des duplications indépendantes.
- 5') Les duplications qui donnent des valeurs nulles ne peuvent pas être prises en considération pour mesurer la précision du laboratoire.

- 6) La valeur obtenue par la moyenne des duplications n'est pas la meilleure manière de se rapprocher de la valeur vraie.
- 7) Si les duplications sont sujettes à des erreurs systématiques différentes, leur moyenne est pire qu'une valeur individuelle pour estimer la vraie valeur.
- 8) Si on a un grand biais et une bonne précision la duplication n'améliore en aucun cas l'analyse.

ECHANTILLONNAGE

Aucun moyen n'existe au laboratoire pour corriger un échantillon mal prélevé.

AU LABORATOIRE

Erreurs possibles :

- mise ou remise en solution,
- sélection des échantillons,
- réduction de volume,
- mélange,
- filtration, centrifugation,
- stockage,
- conservation,
- prétraitement,
- l'aliquote doit être représentative de tout l'échantillon.

PRECAUTIONS A PRENDRE LORS DE L'ECHANTILLONNAGE AU LABORATOIRE

Si on a plusieurs échantillons (heure par heure) , leur mélange peut faire perdre de l'information. On perd les mini et les maximum de concentration.

Les résultats obtenus sur un échantillon composite peuvent être tout à fait différents de ceux obtenus par moyenne arithmétique.

Les échantillons composites peuvent être intéressants lorsque l'on s'intéresse à la concentration moyenne.

Les contaminations de l'échantillon peuvent être à l'origine d'erreurs systématiques.

La quantité d'échantillon peut être à l'origine d'erreurs notamment ne permet pas de s'affranchir de certaines erreurs (filtration...).

BILAN ANALYTIQUE AJOUT CONNU

Deux façons de vérifier un bilan :

- soit par bouclage anion / cation
100 % pour dépôt, sol...
- soit par ajout connu et pourcentage de
récupération.

$$\text{Pourcentage de récupération} : 100 \times \frac{\text{CSF} - \text{CSO}}{\text{CSA}}$$

CSF : concentration de la substance finale.

CSO : concentration de la substance avant ajout
(originale).

CSA : concentration de la substance ajoutée.

Ce paramètre doit faire partie des paramètres
pris en compte par les audits.

PRECAUTIONS A PRENDRE POUR LES BILANS ANALYTIQUES

- 1') Il y a plusieurs définitions données au pourcentage de récupération d'un élément.
- 2') Quand le bruit de fond est égal à l'ajout, l'estimation du biais ou de la précision conduit à penser que la méthode est moins bonne qu'elle ne l'est en réalité (cumulation d'erreurs).
- 3') Il faut faire intervenir les statistiques pour établir ce bilan.
- 4') Comme les contaminations modifient le pourcentage de récupération, il faut toujours faire un zéro pour être sûr que le bruit de fond est bien nul.
- 5') L'ajout doit être adapté à la concentration que l'on veut doser. Cela élimine les ajouts qui sont toujours à une même concentration. L'ajout est décidé par le chef du laboratoire.

- 6) Les ajouts proportionnés sont préférables à un seul ajout.
- 7) Quand la précision dépend de la concentration, il est indispensable que l'ajout soit échelonné.
- 8) Un échantillon où l'on ajout tout en même temps n'est pas un bon test car il est facilement identifiable.
- 9) On doit ajouter les éléments qui nous intéressent, ils doivent suivre toute l'analyse. Attention au problème de la forme de l'ajout.

PRECAUTION A PRENDRE POUR LES PLANS D'EXPERIENCE

- 1') Une analyse effectuée sans plan d'expérience peut conduire à des informations ininterprétables ou non nécessaires.
- 2') Le plan d'expérience ne peut être fait qu'en collaboration avec le demandeur. Mais il détermine ensuite le plan d'expérience propre au laboratoire.
- 3') La mise en oeuvre du plan d'expérience nécessite la présence de la personne compétente qui connaît le système qui sera évalué par l'analyse.

VALIDATION DES RESULTATS

LA VALIDATION DOIT PRENDRE EN COMPTE :

- Le plan d'expérience,
- Les contrôles internes faits dans le laboratoire,
- Les contrôles externes faits par la personne qui valide (bilan, balance...),
- Les comparaisons statistiques, physicochimiques,
- La méthode de dosage :
 - * précision,
 - * sensibilité,
 - * spécificité,
 - * les blancs,
 - * la matrice,
- Les conclusions mutuelles.

AUTRES PARAMETRES

DEUX TYPES DE PARAMETRES :

- Un paramètre présent dans l'échantillon qui permet la confirmation du dosage de l'élément à doser (NO₂ - Cl₂...).
- Un élément qui n'est pas présent dans l'échantillon et qui est ajouté.
(Standard interne).

MAIS ATTENTION :

Il faut que l'élément ajouté ait exactement le même comportement que l'élément à doser.

L'élément ajouté doit suivre exactement toutes les étapes de l'analyse, sans modification spécifique.

COUT DU CONTROLE DE QUALITE

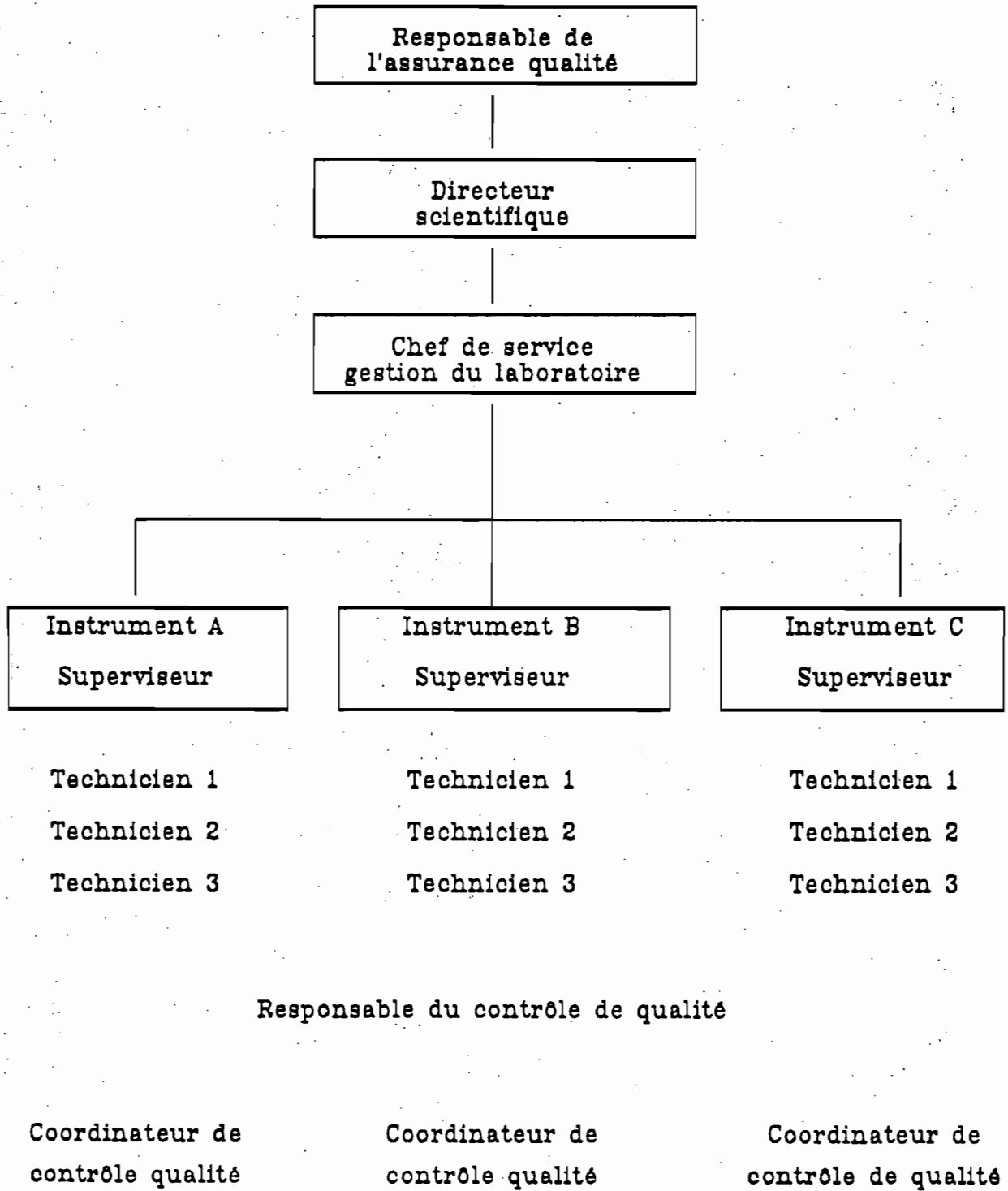
Le contrôle de qualité coûte très cher. Il est indispensable de l'adapter à l'analyse en fonction de :

- l'élément,
- de la concentration,
- de la précision demandée,
- de la spécificité demandée,
- de la sensibilité demandée.

Il est donc indispensable de préciser le but de l'analyse sur le bulletin pour ne pas plus tard en faire une autre utilisation.

Il faut se rappeler que des analyses fausses coûtent encore plus cher.

SCHEMA DU CONTROLE DE QUALITE



METHODE DES AJOUTS

CALCUL DU POURCENTAGE DE RECUPERATION

DEFINITION 1

$$R1 = 100 Y/T \quad \text{Bruit de fond} = 0$$

DEFINITION 2

$$R2 = 100 (Y-X)/T \quad \text{Bruit de fond} \neq 0$$

DEFINITION 3

$$R3 = 100 (Y-X)/hX \quad \text{Bruit de fond} \neq 0$$

X : mesure du bruit de fond

Y : mesure de l'échantillon dope

T : augmentation de la concentration dû à l'ajout
ajout fixe

hX : augmentation de la concentration due à
l'ajout qui est h fois la mesure du bruit
de fond

$$E(X) = pB$$

$$V(X) = (pB CA)^2$$

B : concentration réelle

P : % de récupération

100 CA : coefficient de variation de l'analyse RSD

DEFINITION 1

BRUIT DE FOND EGAL A ZERO

- Concentration de départ : 0
- ajout dosé : T

$E(R_i)$: 100 p (rendement de récupération)

$CV(R_i)$: 100 CA (RSD)

On peut avoir une erreur si l'échantillon contient en réalité une concentration B.

$$E(R_i) = 100 \text{ p} (1+B/T) = 100 + \frac{100 \text{ pB}}{T}$$

R_i est biaisé. Le biais diminue quand T augmente. Si on fait varier T, on obtient pour E une droite qui donne à l'intersection une estimation non biaisée de 100 p.

Cette approche est très importante pour les phtalates qu'il est difficile de doser car tous les laboratoires sont pollués.

La contamination change la variance de (R_i) .

$$V(R) = (100 \text{ p Ca})^2 (1 + B/T)^2$$

Si B = cte, la variante ne change pas beaucoup.

Si B varie d'un échantillon à l'autre, la variance est fonction de la contamination la plus importante.

DEFINITION 2

LE BRUIT DE FOND N'EST PAS NUL

$$E(R2) = 100 p$$

$$V(R2) = (100 p Ca) [(B/T)^2 + (1 + B/T)^2]$$

La variance dépend du rapport B/T.

Si B/T diminue V(R2) se rapproche de la bonne valeur.

La récupération théorique :

$$100 p + 1,96 \sqrt{V(R2)}$$

On en déduit un tableau qui donne la variance en fonction de T/B.

Pour T/B = 1, la variance (R2) est 5 fois le bruit de fond.

Si T/B = 0,1, la variance (R2) est 221 fois le bruit de fond.

Si le bruit de fond varie :

100 CA : coefficient de variation RSD
Déviation standard relative

Rapport ajout / bruit de fond T/B Variance (R2)
[Bruit de fond = 0 (100 CA)2]

T/B 100	1,02 (100 CA)2
50	1,04 (100 CA)2
10	1,22 (100 CA)2
5	1,45 (100 CA)2
1	5 (100 CA)2
0,5	13 (100 CA)2
0,1	221 (100 CA)2
0,05	841 (100 CA)2
0,01	20 200 (100 CA)2
0,005	80 400 (100 CA)2

DEFINITION 3

BRUIT DE FOND NON NUL

$$R3 = 100 (Y - X) hX$$

L'ajout est un multiple du bruit de fond.

$$E(R3) = 100 p (1 + CA^2 / hp)$$

$$V(R3) = (100p CA)^2 (hp+CA^2+1)^2 + (CA^2+1)^3/hp^2$$

Par cette méthode on contrôle le rapport T/B.

R3 est une estimation biaisée du pourcentage de récupération.

Ce biais augmente quand h décroît.

X : mesure du bruit de fond.

Y : mesure de l'échantillon dope.

COMMENTAIRES SUR LA METHODE D'AJOUT

- 1') Il faut que p soit le plus près possible de 1. La variance la plus faible possible.
- 2') Le pourcentage de récupération est affecté par le bruit de fond ainsi que la variance.
- 3') On ne peut faire des ajouts à concentration fixe car suivant le rapport T/B , la variance change.
- 4') L'ajout proportionnel au bruit de fond doit être préféré à toute autre méthode, mais il faut que le facteur h ne soit pas trop faible. On préconise $h = 1$ (EPA).
- 5') Un moyen de choisir l'ajout est de couvrir tout le domaine de dosage.
- 6') Pour les faibles valeurs proches de la limite de détection, il est très difficile d'obtenir des bruits de fond très faibles.

EAU DISTILLEE

L'eau distillée ou eau déminéralisée est utilisée au laboratoire pour effectuer des dilutions. La qualité de l'eau aura une très grande importance pour les analyses qui suivent.

La qualité d'eau requise dépendra du type d'analyse à faire.

L'eau peut être contaminée par :

- * gaz dissous,
- * matériaux inorganiques mauvaise préparation récipient,
- * matériaux organiques mauvaise préparation récipient.

PURETE DE L'EAU

Degré de pureté	Conductivité Siemens	Concentration approximative en sel dissous mg/l
Pure	10	2 à 5
Très pure	1	0,2 à 0,5
Ultra pure	0,1	0,01 à 0,02
Idéalement pure	0,055	0,00

EAU DISTILLEE

DEFINITION ASTM

	Résidu sec max mg/l	Conductivité électrique μ S	pH à 25°C	Consommation KMnO4 min (temps de coloration)
Type I	0,1	0,06	-	60
Type II	0,1	1	-	60
Type III	1	1	6,2 à 7,5	10
Type IV	2	5	5,0 à 8,0	10