

Limites et incertitudes dans la surveillance de la radioactivité dans l'environnement

Séminaire Aquaref du 07/12/11

Guillaume Manificat- IRSN



Prélèvements et dispositifs de surveillance permanente de l'IRSN



Aérosols et
eau de pluie



Gaz



Débit de dose en
temps réel

Dosimètre



Eaux de surface
Sédiments



Végétaux
aquatiques



Végétaux
terrestres



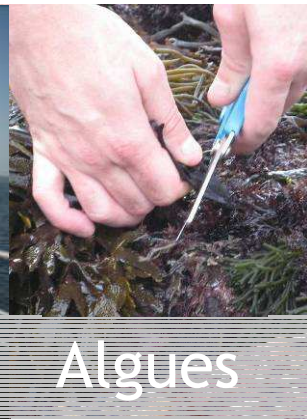
Eaux
de
nappes
(piezomètre
inspection)



Fruits
Légumes



Eaux de mer
sédiment



Algues



Crustacés

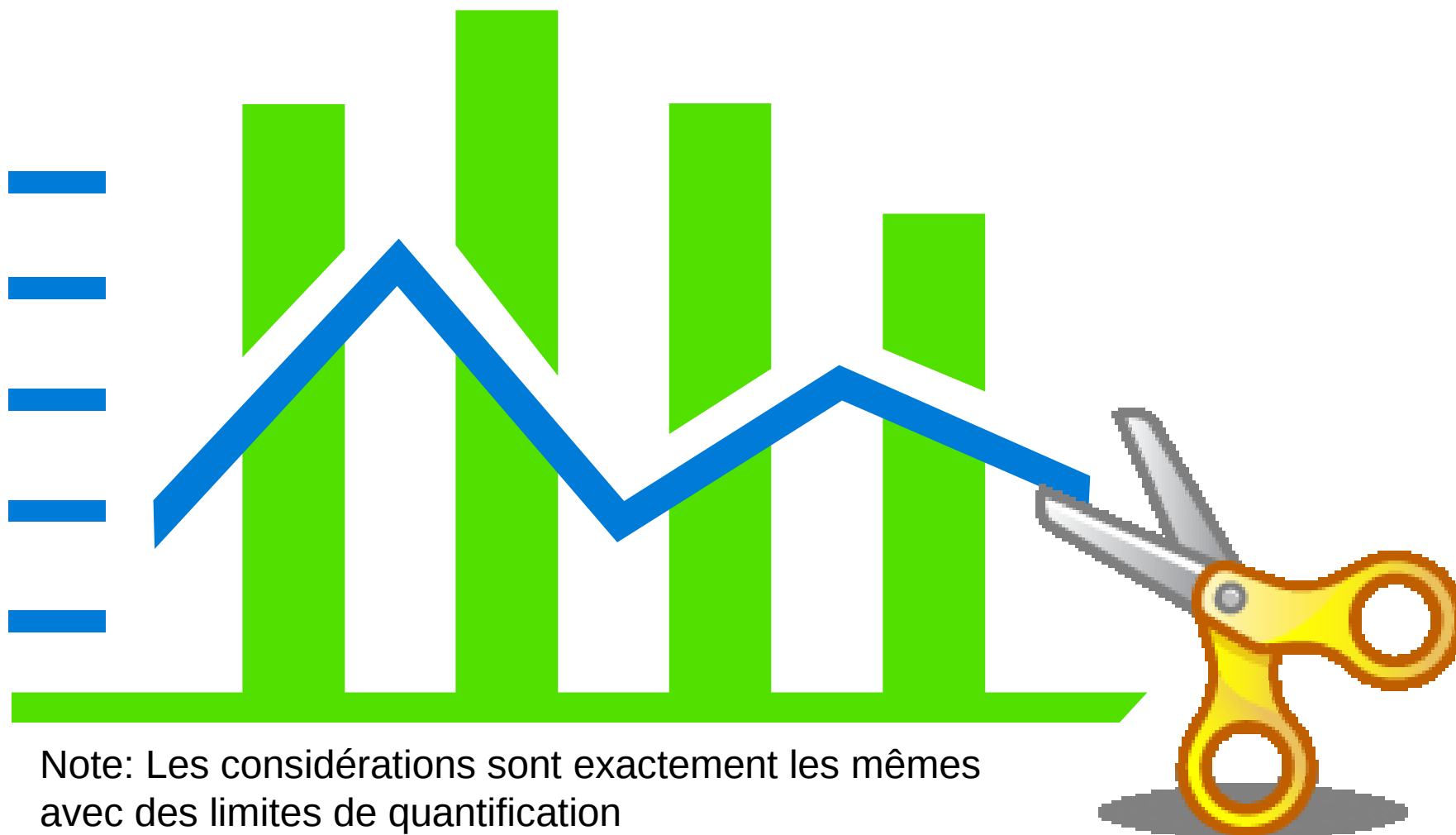


Poissons et
autres denrées

identifiant	mesure
A	<1
B	<2
C	<1
D	2,2
E	1,8
F	1
G	4,1
H	7
I	7,5
J	15
K	<1
L	<2
M	<1
N	<1
O	<1

QUE FAIRE?

En anglais on parle de données censurées
« censored data » pour des données
exprimées comme <LD (limite de détection)



Note: Les considérations sont exactement les mêmes
avec des limites de quantification



Cas concret

Mesures de tritium dans les eaux de pluie en 2008 et 2009

- Point géographique unique
- Prélèvements mensuels (une vingtaine de résultats)
- Environ 33 % de résultats significatifs
- Une même méthode de mesure

Le but est de faire une moyenne temporelle (niveau moyen du tritium dans les eaux de pluie à cet endroit en 2008-2009?)

Les échantillons sont comptés 4x50mn. Les prises d'essai sont de 10 ml.

Comptage brut (Coups par minute)	Mouvement propre (Cpm)	Incertitude MP moyen (%)	Comptage net cpm	Rendement (%)	Seuil de décision cpm	Activité Bq/l	Incertitude (%)	Résultat rendu
5,18	4,39	3,9	0,78	21,41	0,43	6,1	47	significatif
4,28	4,11	4,0	0,17	30,39	0,42	<4,6		<LD
4,28	4,11	4,0	0,17	30,79	0,42	<4,5		<LD
3,91	3,35	4,5	0,56	26,48	0,38	3,6	56	significatif
4,36	4,07	4,0	0,29	30,79	0,41	<4,5		<LD
3,64	3,33	4,5	0,31	26,09	0,38	<4,8		<LD
3,99	3,31	4,5	0,68	26,33	0,37	4,3	47	significatif
5,33	4,07	4,0	1,25	30,33	0,41	6,9	30	significatif
3,79	3,32	4,5	0,47	26,26	0,37	3,0	67	significatif
4,87	4,03	4,1	0,83	30,68	0,41	4,5	43	significatif
4,64	4,03	4,1	0,61	30,01	0,41	3,4	57	significatif
3,81	3,29	4,5	0,52	26,34	0,37	3,3	60	significatif
3,84	3,29	4,5	0,55	25,60	0,37	3,6	58	significatif
4,52	3,98	4,1	0,54	27,58	0,41	3,3	63	significatif
4,06	3,97	4,1	0,08	29,71	0,41	<4,6		<LD
4,14	3,33	4,5	0,81	27,01	0,37	5,0	41	significatif

Les échantillons sont comptés 4x50mn. Les prises d'essai sont de 10 ml.

Comptage brut (Coups par minute)	Mouvement propre (Cpm)	Incertitude MP moyen (%)	Comptage net cpm	Rendement (%)	Seuil de décision cpm	Activité Bq/l	Incertitude (%)	Résultat rendu
5,18	4,39	3,9	0,78	21,41	0,43	6,1	47	significatif
4,28	4,11	4,0	0,17	30,39	0,42	<4,6		<LD
4,28	4,11	4,0	0,17	30,79	0,42	<4,5		<LD
3,91	3,35	4,5	0,56	26,48	0,38	3,6	56	significatif
4,36	4,07	4,0	0,29	30,79	0,41	<4,5		<LD
3,64	3,33	4,5	0,31	26,09	0,38	<4,8		<LD
3,99	3,31	4,5	0,68	26,33	0,37	4,3	47	significatif
5,33	4,07	4,0	1,25	30,33	0,41	6,9	30	significatif
3,79	3,32	4,5	0,47	26,26	0,37	3,0	67	significatif
4,87	4,03	4,1	0,83	30,68	0,41	4,5	43	significatif
4,64	4,03	4,1	0,61	30,01	0,41	3,4	57	significatif
3,81	3,29	4,5	0,52	26,34	0,37	3,3	60	significatif
3,84	3,29	4,5	0,55	25,60	0,37	3,6	58	significatif
4,52	3,98	4,1	0,54	27,58	0,41	3,3	63	significatif
4,06	3,97	4,1	0,08	29,71	0,41	<4,6		<LD
4,14	3,33	4,5	0,81	27,01	0,37	5,0	41	significatif

Remarque:

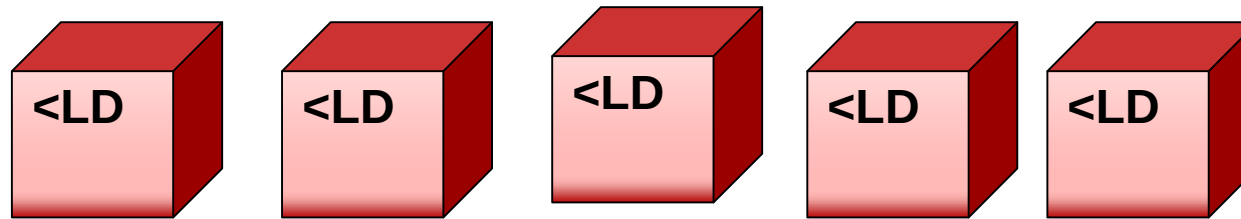
11 résultats significatifs

5 résultats < SD (seuil de décision)

N brut cpm	MP moyen cpm	Incertitude MP (%)	Nnet cpm	Rendement (%)	Ac Vol mesurée (Bq/l)	SD Bq/l individuel	SD ²
5,18	4,39	3,9	0,78	21,41	6,07 Bq/l	3,35	2234,18
4,28	4,11	4,0	0,17	30,39	0,93 Bq/l	2,30	26,14
4,28	4,11	4,0	0,17	30,79	0,92 Bq/l	2,27	24,81
3,91	3,35	4,5	0,56	26,48	3,52 Bq/l	2,39	492,15
4,36	4,07	4,0	0,29	30,79	1,57 Bq/l	2,22	72,20
3,64	3,33	4,5	0,31	26,09	1,98 Bq/l	2,43	160,04
3,99	3,31	4,5	0,68	26,33	4,30 Bq/l	2,34	742,35
5,33	4,07	4,0	1,25	30,33	6,87 Bq/l	2,25	1424,71
3,79	3,32	4,5	0,47	26,26	2,98 Bq/l	2,35	358,44
4,87	4,03	4,1	0,83	30,68	4,51 Bq/l	2,23	599,97
4,64	4,03	4,1	0,61	30,01	3,39 Bq/l	2,28	353,99
3,81	3,29	4,5	0,52	26,34	3,29 Bq/l	2,34	433,45
3,84	3,29	4,5	0,55	25,60	3,58 Bq/l	2,41	543,45
4,52	3,98	4,1	0,54	27,58	3,26 Bq/l	2,48	388,87
4,06	3,97	4,1	0,08	29,71	0,45 Bq/l	2,30	6,34
4,14	3,33	4,5	0,81	27,01	5,00 Bq/l	2,28	951,19
Cumul (Activité moyenne)					3,29 Bq/l	SD cumul	0,60 Bq/l

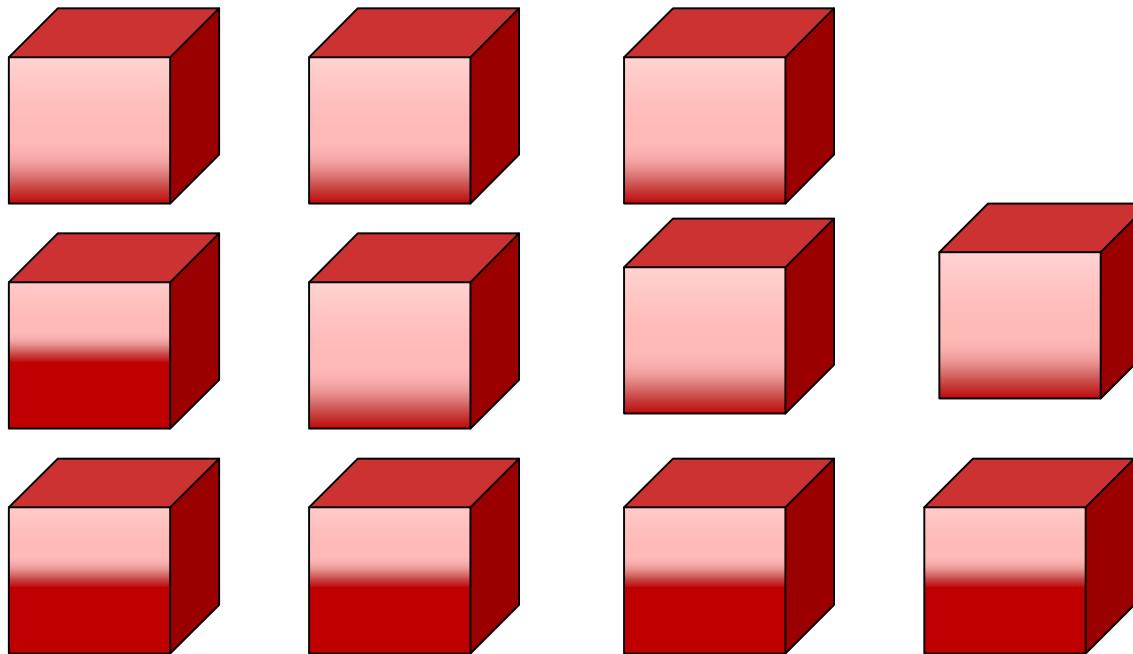
$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i$$

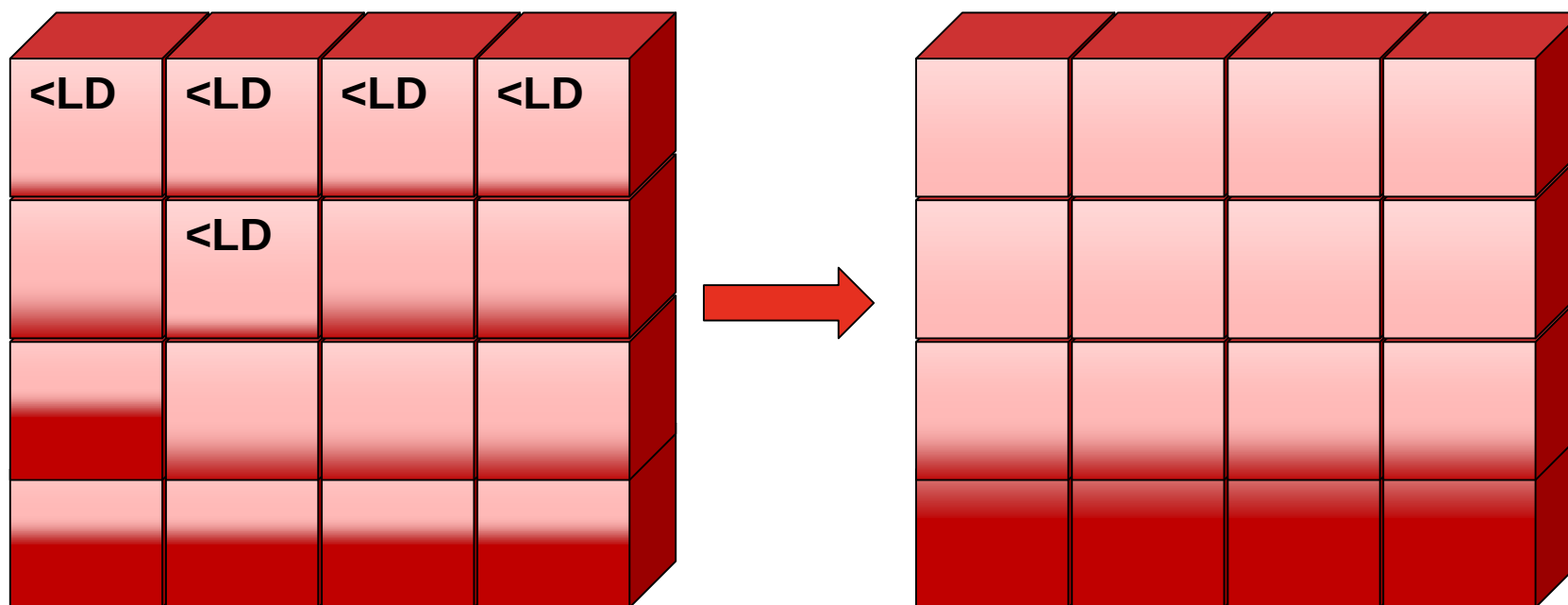
$$SD_{\bar{A}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n SD_i^2}}{n}$$



16 échantillons

11 sont significatifs





>LD

le calcul des seuils de décision n'est pas linéaire

Chaque mesure individuelle devient celle d'une fraction de l'échantillon global.

Si l'on veut connaître l'activité de l'échantillon global on somme les mesures.

Chaque résultat contribue à ce cumul qu'il soit $>SD$ ou $<SD$.

On peut alors obtenir un seuil de décision non linéaire cumulé.

Le cumul peut être significatif même avec tous les résultats non significatifs.

Il faut obtenir les résultats instrumentaux

Afin de pouvoir traiter des ensembles de données avec une méthode

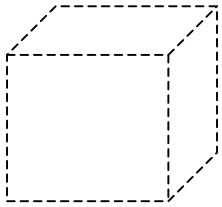
1. Aisé à mettre en œuvre

2. utilisant des opérations et des estimateurs standards (moyenne, etc.)

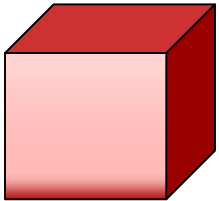
Inconvénients

1. Résultats individuels potentiellement négatifs

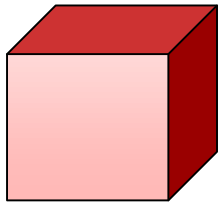
2. Modification des pratiques (et des mentalités)



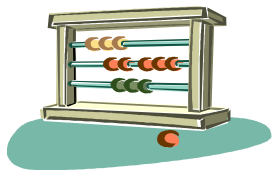
Ignorer les résultats $<SD$ revient faire comme si ces mesures n'avaient pas eu lieu



Dire que l'on substitue par SD revient à faire comme si on avait mesuré SD



Dire qu'on substitue par 0 revient à dire que l'on a mesuré 0



Ne pas utiliser les résultats instrumentaux quand $<SD$ pour des « cumuls » revient à faire comme si les SD étaient linéaires

Compatibilité avec l'ISO 17025?

5.10.1

Les résultats doivent être rapportées en général dans un rapport d'essai ou un certificat d'étalonnage [...] et doivent être accompagnées de toutes les informations demandées par le client et nécessaires à l'interprétation des résultats de l'essai ou de l'étalonnage [...]



- recommandation de la « Royal Society of Chemistry ». *Analytical methods committee technical brief no. 5, April 2001. Royal Society of Chemistry, London, 2001.*
- “ The laboratory should report each measurement result and its uncertainty as obtained even if the result is less than zero””. *Multi-Agency radiological laboratory Analytical protocols manual (MARLAP), vol III EPA 402-B-04-001C, chapter 20, US Environmental Protection Agency.*

Moyenne pondérée

1. Nous cherchons à exprimer les résultats sous forme de moyenne pondérées.
2. En effet, Le Théorème de Gauss-Markov indique que la moyenne empirique dans laquelle chaque mesure A est pondérée par l'inverse du carré de son incertitude u est le meilleur estimateur linéaire non-biaisé de m (*moyenne théorique*).

$$m = \sum_i \frac{1}{u_i^2} A_i / \left(\sum_i \frac{1}{u_i^2} \right)$$

3. Attention! Cela implique que les incertitudes soient calculées avec une grande rigueur.