

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# Rien à déclarer ?

## De l'utilisation judicieuse des résultats de mesure à bas niveau et de leur cumul.

### GT 11 CETAMA - Méthodes statistiques

Guillaume Manificat

Eric Bohaud

Vincent Bruel

Marielle Crozet

Marcel Mokili

Stéphane Puydarrieux

Cédric Rivier

Bernard Thaurel

Alain Vivier

IRSN

ANDRA

AREVA

CEA

SUBATECH

AREVA

CEA

IRSN

CEA



Ou de l'art d'échapper à la censure...

échantillons	Résultats (Bq/..)	incertitude
A	<1	
B	<2	
C	<1	
D	2,2	1
E	1,8	0,9
F	1	0,4
G	4,1	1,5
H	7	3
I	7,5	3,1
J	15	5
K	<1	
L	<2	
M	<1	
N	<1	
O	<1	

## Que peut-on dire?

■ Il existe une riche littérature sur l'art d'exploiter mathématiquement ces données dites **censurées** (cf Helsel-"statistics for censored environmental data")

■ La substitution de <L par L est universellement reconnue comme la pire des options

# Seuil de décision

- Le seuil de décision est le niveau en dessous duquel on ne peut plus différencier entre le signal supposé et un bruit de fond  $B_F$ .
- Il est relié à la variabilité du bruit de fond et donc à la racine du bruit de fond

$$S_D \sim \sqrt{B_F}$$

# Seuil de décision

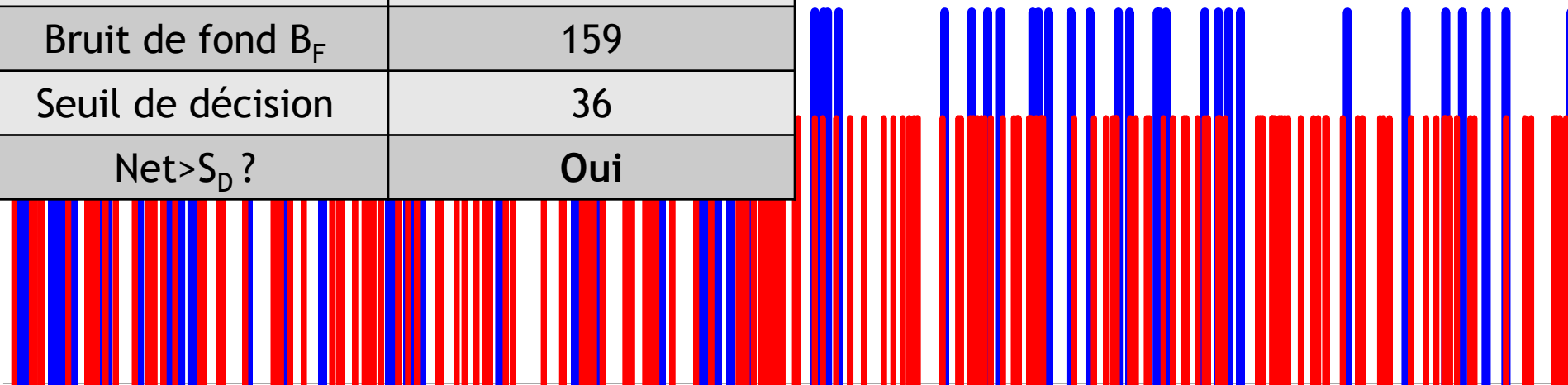
- Le seuil de décision est le niveau en dessous duquel on ne peut plus différencier entre le signal supposé et un bruit de fond  $B_F$ .
- Il est relié à la variabilité du bruit de fond et donc à la racine du bruit de fond

$$S_D = \sqrt{B_F}$$

## Comptage de 20 s

— NET SAMPLE — BACKGROUND

Net	67
Bruit de fond $B_F$	159
Seuil de décision	36
Net $> S_D$ ?	Oui

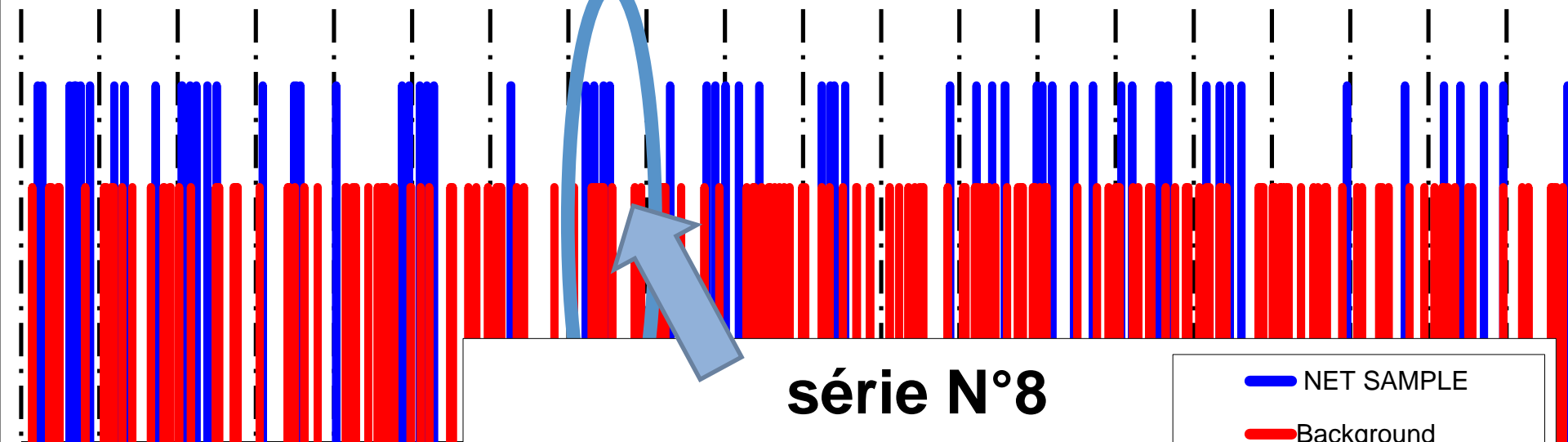


Soit un comptage radioactif de 20s

Avec détermination d'un « blanc »

# somme de 20 comptages de 1 s

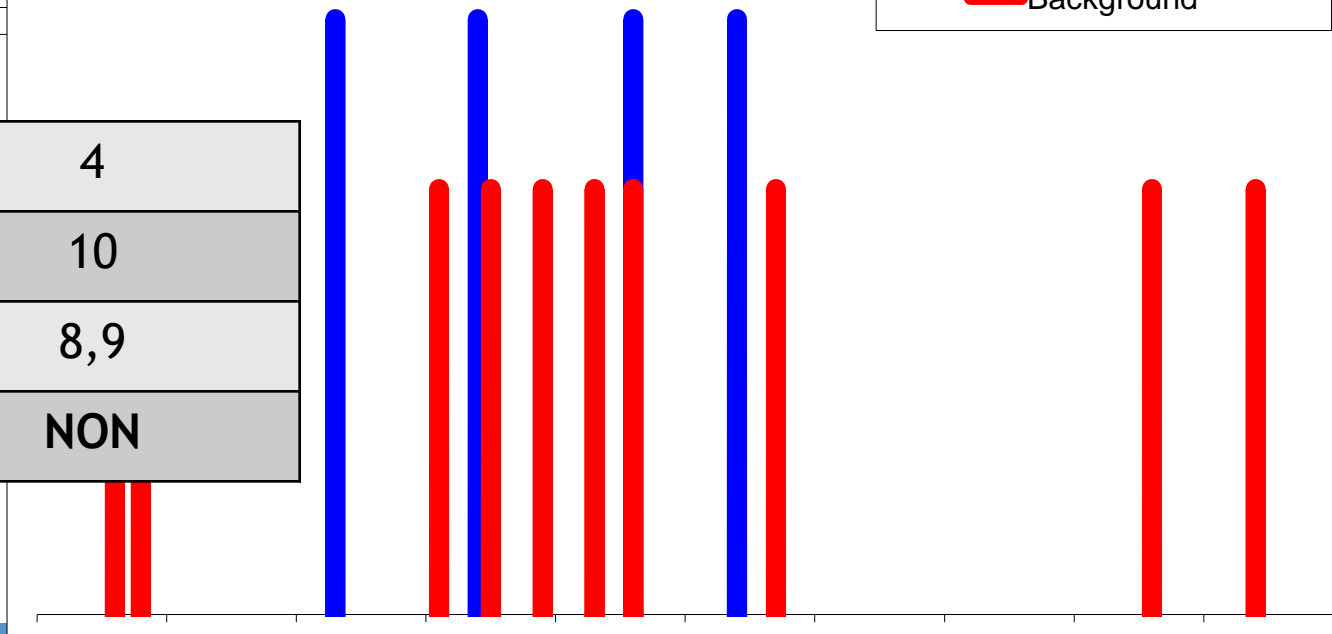
NET SAMPLE BACKGROUND



## série N°8

NET SAMPLE  
Background

Net	4
Bruit de fond $B_F$	10
Seuil de décision	8,9
Net $> S_D$ ?	NON



# Tout Comptage de radioactivité (mesure) est un agrégat de résultats non significatifs!!

Car le seuil de décision varie en fonction de la racine carrée du bruit de fond.

- Est il possible d'agréger des résultats non significatifs pour produire un résultat potentiellement significatif?
- Peut on le faire rigoureusement?

# Cas réel

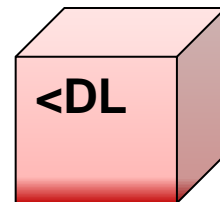
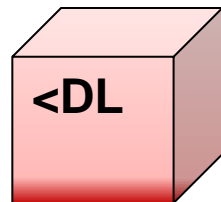
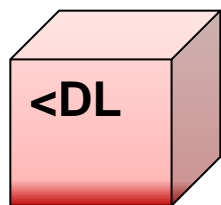
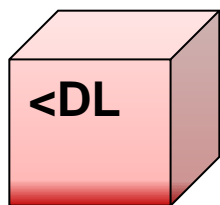
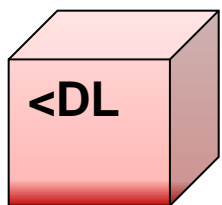
## Eau de pluie

provenant d'un seul point de prélèvement mensuel avec mesure du tritium à l'aide du même scintillateur

Quelle est la moyenne de l'activité du tritium dans l'eau de pluie sur la période considérée?

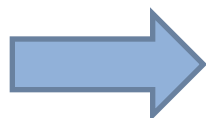
Activité (Bq/l)	Seuil de décision (Bq/l)	Résultat significatif ?
6,07	3,35	oui
0,93	2,30	non
0,92	2,27	non
3,52	2,39	oui
1,57	2,22	non
1,98	2,43	non
4,30	2,34	oui
6,87	2,25	oui
2,98	2,35	oui
4,51	2,23	oui
3,39	2,28	oui
3,29	2,34	oui
3,58	2,41	oui
3,26	2,48	oui
0,45	2,30	non
5,00	2,28	oui



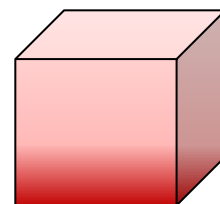
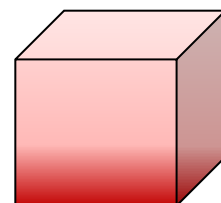
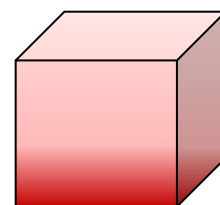
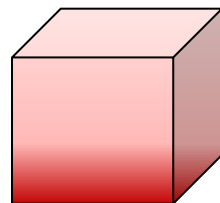
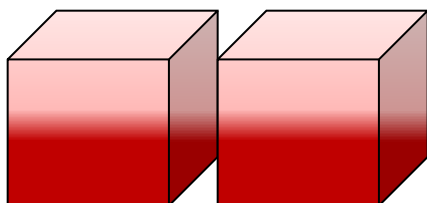
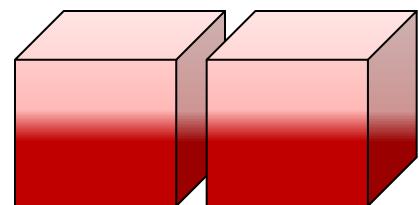
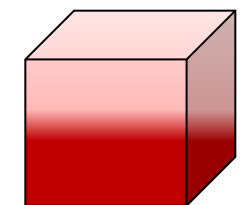
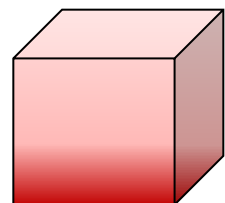


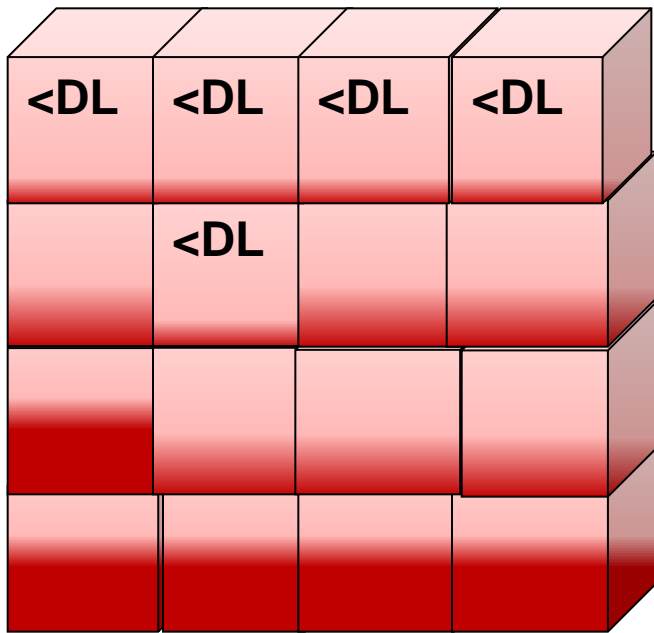
16 échantillons

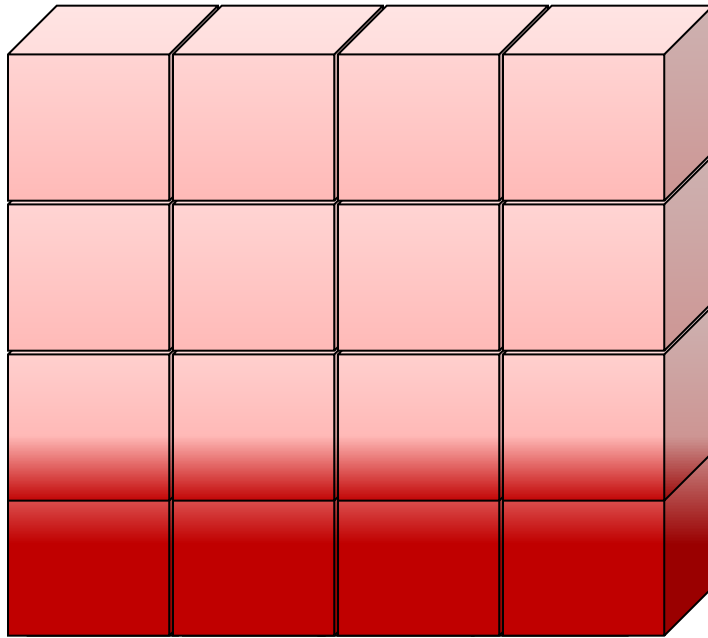
11 sont « significatifs »



mélangeons les





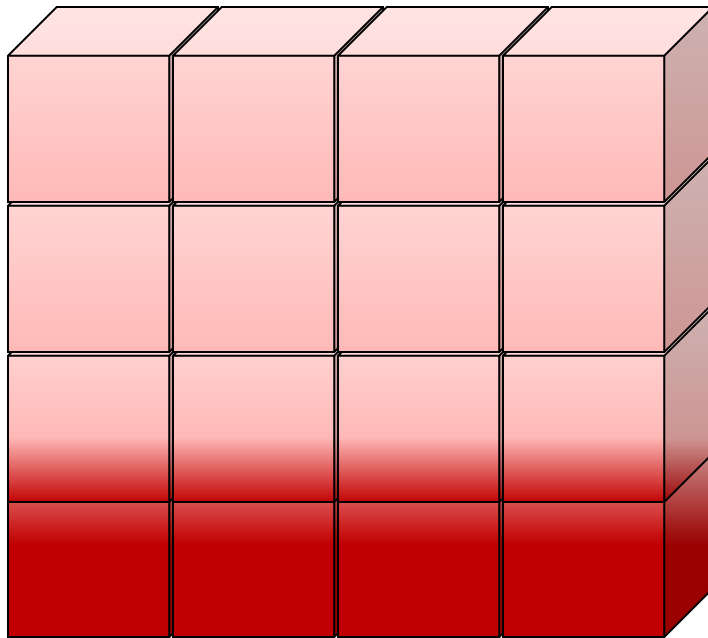


Activité (Bq/l)	Seuil de Décision (Bq/l)	Résultat Significatif ?
6,07	3,35	oui
0,93	2,30	non
0,92	2,27	non
3,52	2,39	oui
1,57	2,22	non
1,98	2,43	non
4,30	2,34	oui
6,87	2,25	oui
2,98	2,35	oui
4,51	2,23	oui
3,39	2,28	oui
3,29	2,34	oui
3,58	2,41	oui
3,26	2,48	oui
0,45	2,30	non
5,00	2,28	oui

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



3,29 Bq/l		
--------------	--	--

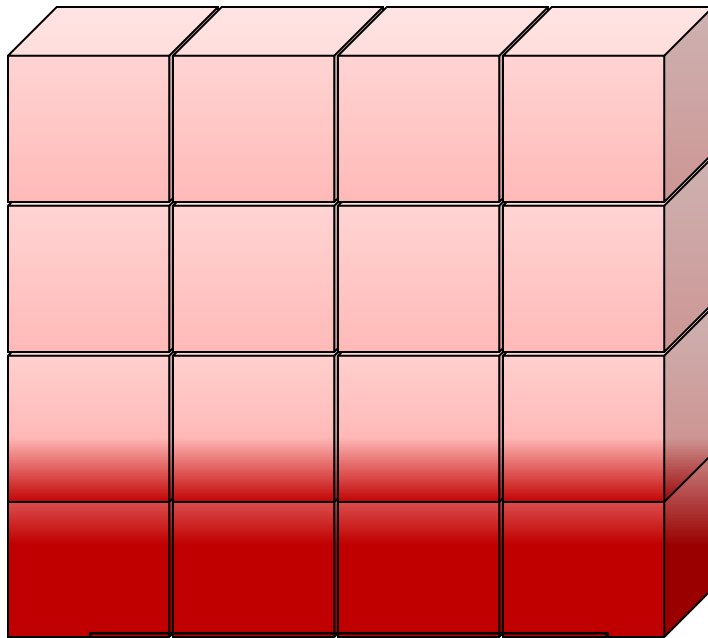


Activité (Bq/l)	Seuil de décision (Bq/l)	Résultat Significatif ?
6,07	3,35	oui
0,93	2,30	non
0,92	2,27	non
3,52	2,39	oui
1,57	2,22	non
1,98	2,43	non
4,30	2,34	oui
6,87	2,25	oui
2,98	2,35	oui
4,51	2,23	oui
3,39	2,28	oui
3,29	2,34	oui
3,58	2,41	oui
3,26	2,48	oui
0,45	2,30	non
5,00	2,28	oui

$$\bar{D}_t = \frac{\sum_{i=1}^n D_{ti}}{n}$$

**non!**





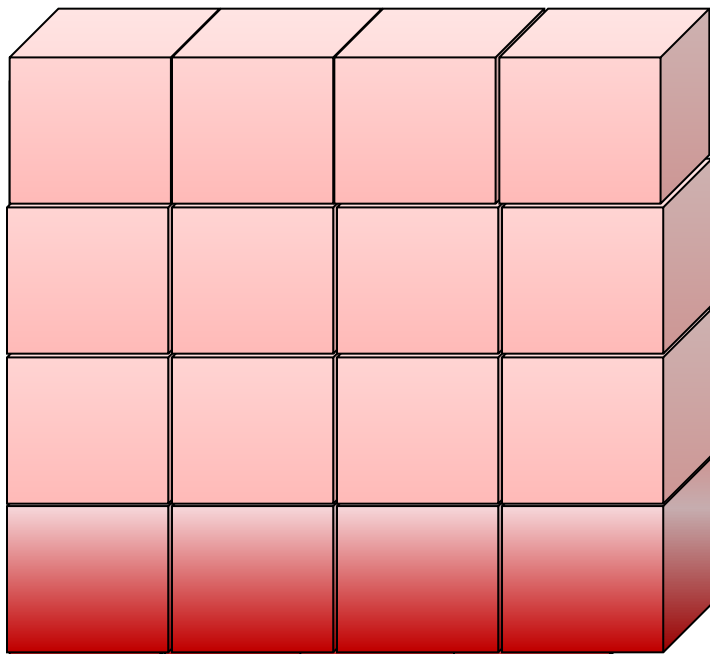
$$\overline{D}_t = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n D_i^2}$$

Activité (Bq/l)	Seuils de Decision (Bq/l)	Significatif?
6,07	3,35	oui
0,93	2,30	non
0,92	2,27	non
3,52	2,39	oui
1,57	2,22	non
1,98	2,43	non
4,30	2,34	oui
6,87	2,25	oui
2,98	2,35	oui
4,51	2,23	oui
3,39	2,28	oui
3,29	2,34	oui
3,58	2,41	oui
3,26	2,48	oui
0,45	2,30	non
5,00	2,28	oui

<b>3,29</b> Bq/l	0,6 Bq/l !	oui!
---------------------	---------------	------

# Conséquences

- ❑ En faisant attention à moyenner ce qui peut l'être, on peut exploiter de l'information (non censurée...) en cumulant les résultats
- ❑ Une somme de résultats non significatifs peut être ou ne pas être significative



- ❑ Pour cela, il faut disposer de l'information non censurée:

Résultats	incertitude	Seuils de décision
12	15	24

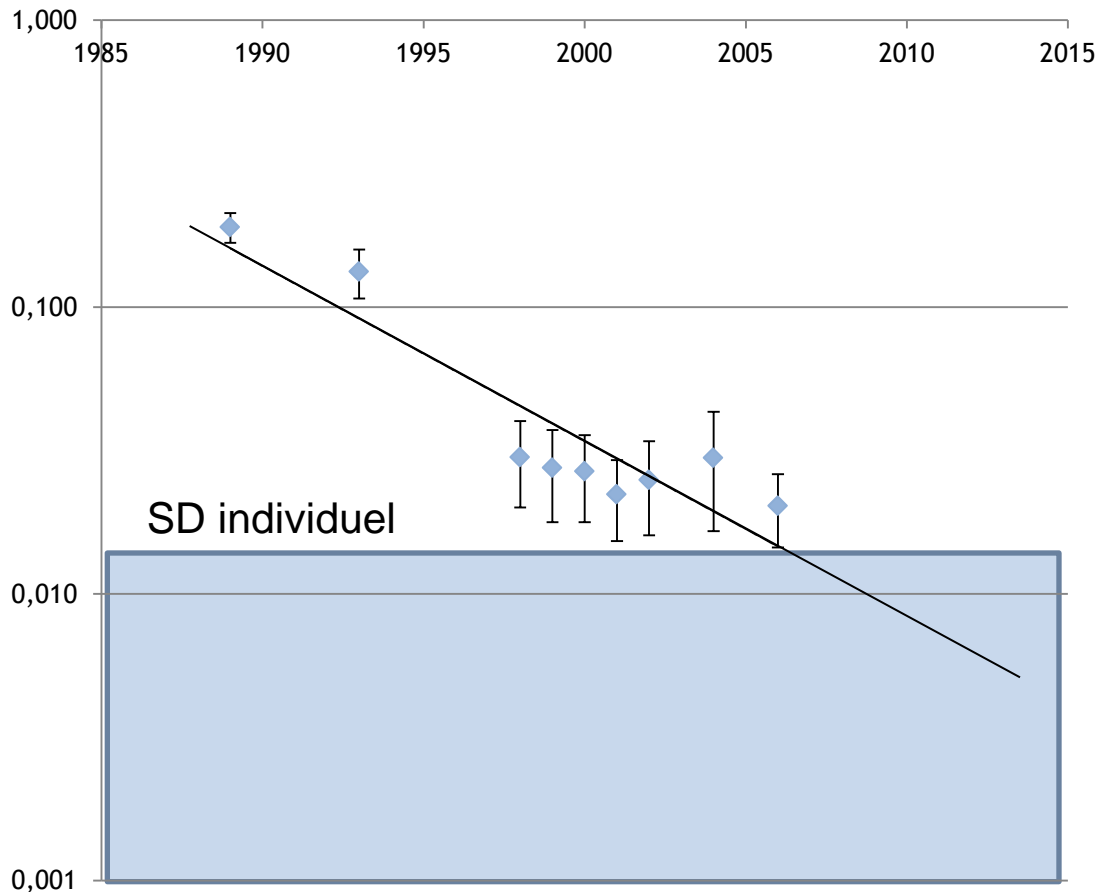
- ❑ Et non:

résultats
< 24



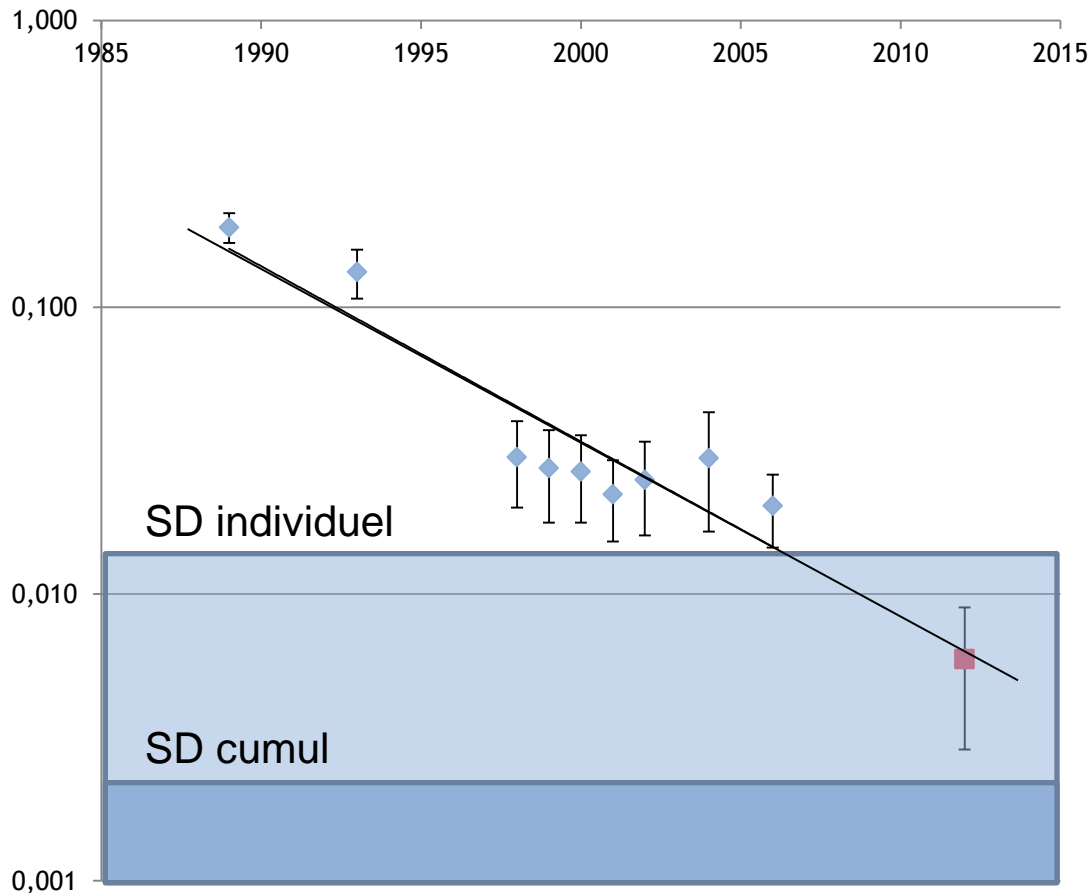
# Exemple d'application

## (Bq/kg de Cs137 des bénitiers en Polynésie)



# Exemple d'application

## (Bq/kg de Cs137 des bénitiers en Polynésie)





# NIST

National Institute of  
Standards and Technology

U.S. Department of Commerce



DOD



DOE



NRC

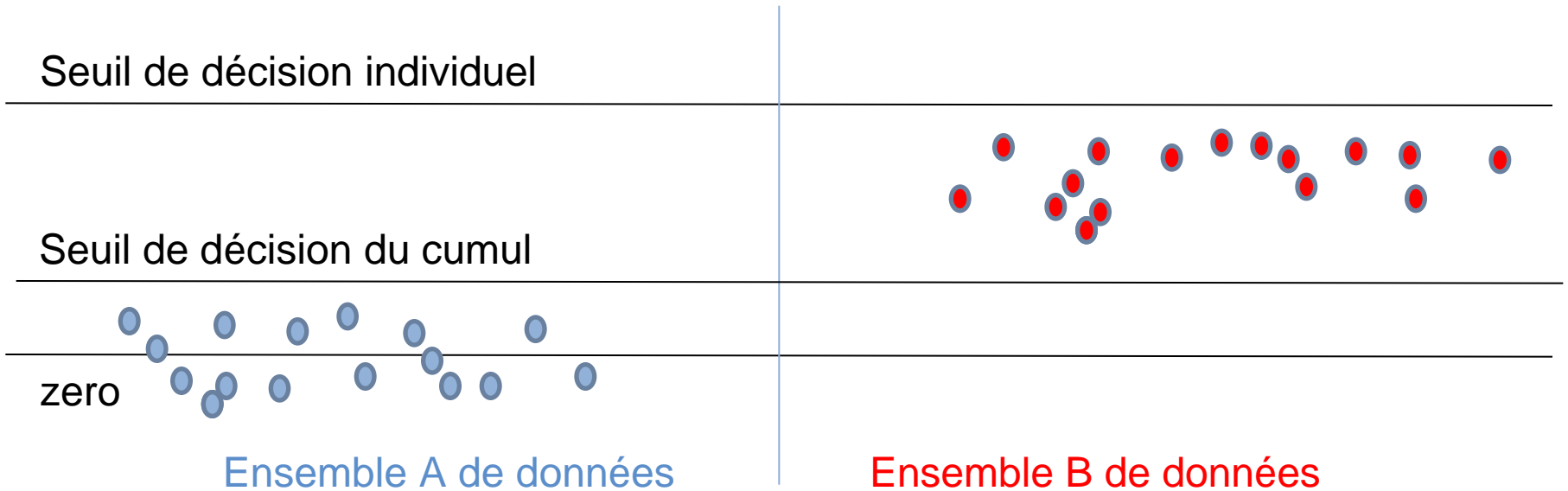


EPA

- “ Les laboratoires doivent restituer chaque résultats de mesure et son incertitude associée tels qu’ils sont obtenus même s’ils sont négatifs. On ne doit jamais restituer un résultat comme <LD”

*Multi-Agency radiological laboratory Analytical protocols manual (MARLAP), vol III EPA 402-B-04-001C, chapter 20, US Environmental Protection Agency.*

# Intuition Graphique



Il faut exploiter l'ensemble de l'information et non la censurer!!

# Applications possibles

- Surveillance environnementale
- Bilan de rejets d'effluents (barboteurs...)
- Recherche de micropolluants dans l'environnement
- Bilans de dosimétrie passive
- Impuretés dans des matériaux de références
- Cumuls d'activités de déchets dans les sites de stockage,
- Bilans matières
- ... et au delà : prélèvements biologiques, astrophysique, ... etc ...



# Exemples: Site EPA et CRIIRAD

Location	Medium	Sample Date	Procedure Name	Nuclides/Radiation	Result	Combined Standard Uncertainty	MDC	Unit
LAS VEGAS, NV	PASTEURIZED MILK	09-JAN-12	Gamma Spectrometry	Cesium-137	-0.00259	0.0363	0.122	Bq/L
LAS VEGAS, NV	PASTEURIZED MILK	23-APR-12	Gamma Spectrometry	Cesium-137	0.0555	0.037	0.13	Bq/L



Contrôle de la radioactivité de l'air par la balise de Valence (Drôme)

