

Supports de formation du GCE Inventaires nationaux des gaz à effet de serre

Analyse de l'incertitude

Version 2, avril 2012



Public cible et objectif des supports de formation

- ❑ Ces supports de formation sont destinés aux personnes disposant de connaissances de niveau **débutant** à **intermédiaire** sur l'élaboration des inventaires nationaux des gaz à effet de serre (GES).

- ❑ Après avoir lu cette présentation, en combinaison avec la documentation connexe, le lecteur doit :
 - ❖ Avoir un **aperçu** de la façon de procéder à l'évaluation de l'incertitude
 - ❖ Disposer d'une **compréhension globale** des méthodes et des outils disponibles, ainsi que des principaux défis liés à l'élaboration de l'inventaire des émissions de GES dans cette zone particulière
 - ❖ Être capable de **déterminer les méthodes** les mieux adaptées à la situation de son pays
 - ❖ Savoir où **trouver des informations plus détaillées** sur le sujet abordé.

- ❑ Ces supports de formation **ont été élaborés principalement sur la base de méthodologies développées par le GIEC**, ainsi le lecteur est **toujours invité à consulter les documents originaux** pour obtenir des informations plus détaillées sur un point particulier.



Sigles et acronymes

- ❑ **FAO** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

- ❑ **GES** gaz à effet de serre

- ❑ **AIE** agence internationale de l'énergie

- ❑ **OCDE** Organisation de coopération et de développement économiques

- ❑ **AQ/CQ** assurance qualité/contrôle qualité



Structure de cette présentation

- ❑ Aperçu des lignes directrices
- ❑ Quelques réflexions sur ces lignes directrices en pratique
- ❑ Présentation de la vérification



Réflexions sur l'analyse de l'incertitude

❑ Pourquoi ?

- ❖ Pourquoi l'analyse de l'incertitude est-elle nécessaire ? Est-ce important ?
- ❖ Nous avons besoin d'une justification claire.

❑ Quoi ?

- ❖ Ce qui est impliqué. Que signifient les résultats ?
- ❖ Nous devons montrer que l'analyse de l'incertitude est pratique pour tous.

❑ Quand ?

- ❖ L'analyse de l'incertitude doit être partie intégrante de la compilation de l'inventaire - et non un « ajout » à la fin !

❑ Comment ?

- ❖ La méthode choisie doit être adaptée aux ressources et à l'expertise, tout en donnant des informations utiles.



Avantages de l'analyse de l'incertitude

Credibility

Inventories are estimates – uncertainty analysis gives a clear statement of what we do and do not know

Utility

Users of the inventory need to know how reliable the numbers are – especially if they are input into policy or inventory improvement actions

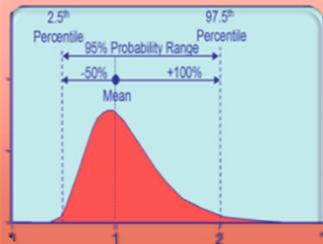
Requirement

Uncertainty analysis is a requirement of all good practice inventories

Scientific

All scientific analysis should include an uncertainty assessment





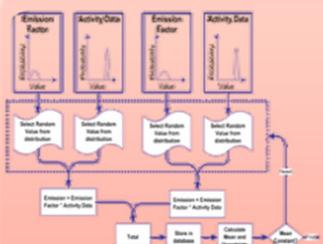
Gather Information

- Collect uncertainty information on activity data and emission factors

A screenshot of a spreadsheet with multiple columns and rows of data. A yellow highlight is visible on one of the rows.

Decide approach to use

- Error Propagation
- Monte Carlo



Perform Inventory Analysis

- Spreadsheet
- Software tool

Caractérisation de l'incertitude

- ❑ **L'incertitude** est prise en compte pour 2,5 % des calculs et permet un intervalle de confiance de 95 %.

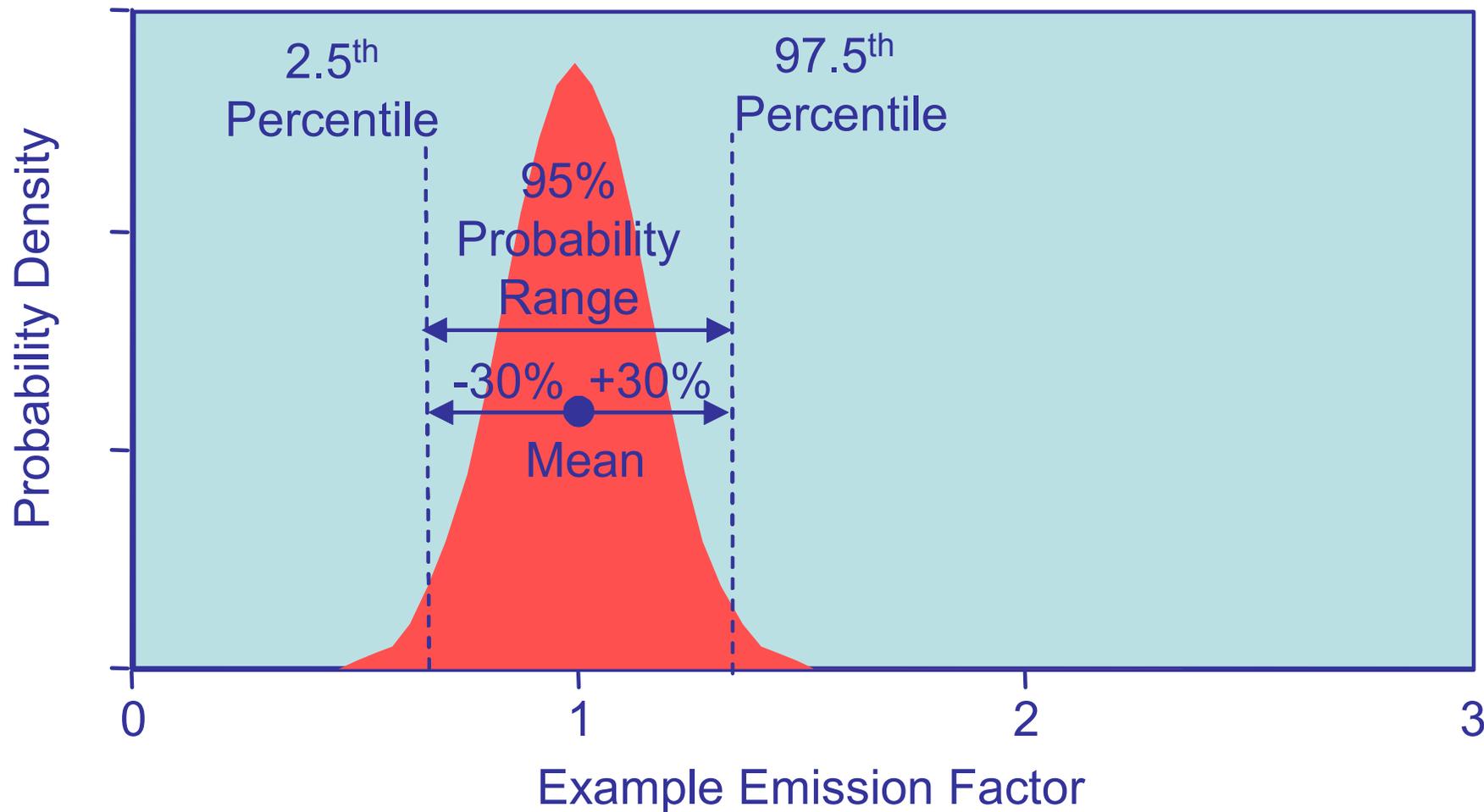
- ❑ Elle **peut être exprimée par** :
 - ❖ $234 \pm 23 \%$

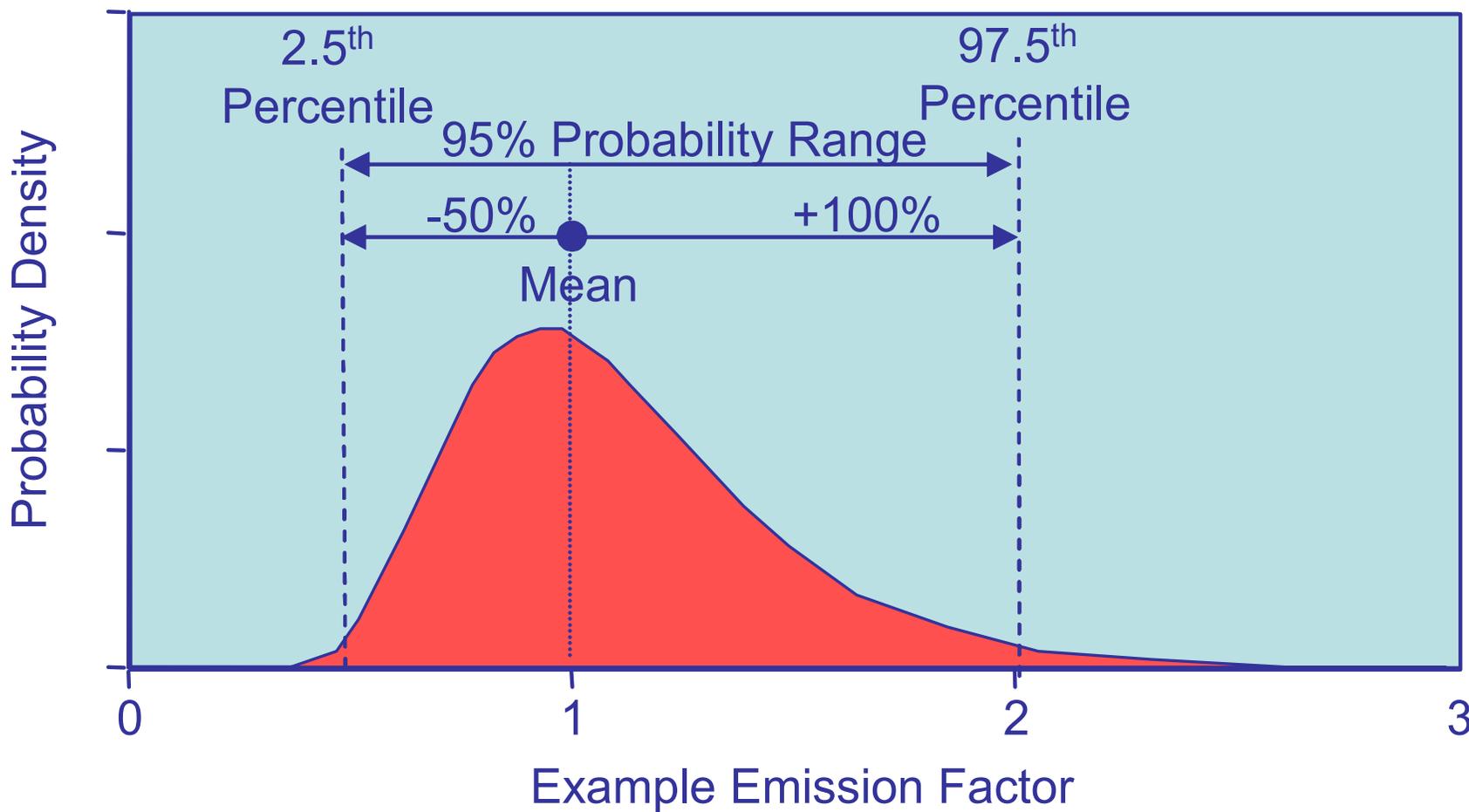
 - ❖ 26 400 (- 50 % + 100 %)

 - ❖ 2000 (un facteur 2) (soit - 50 % + 100 %)

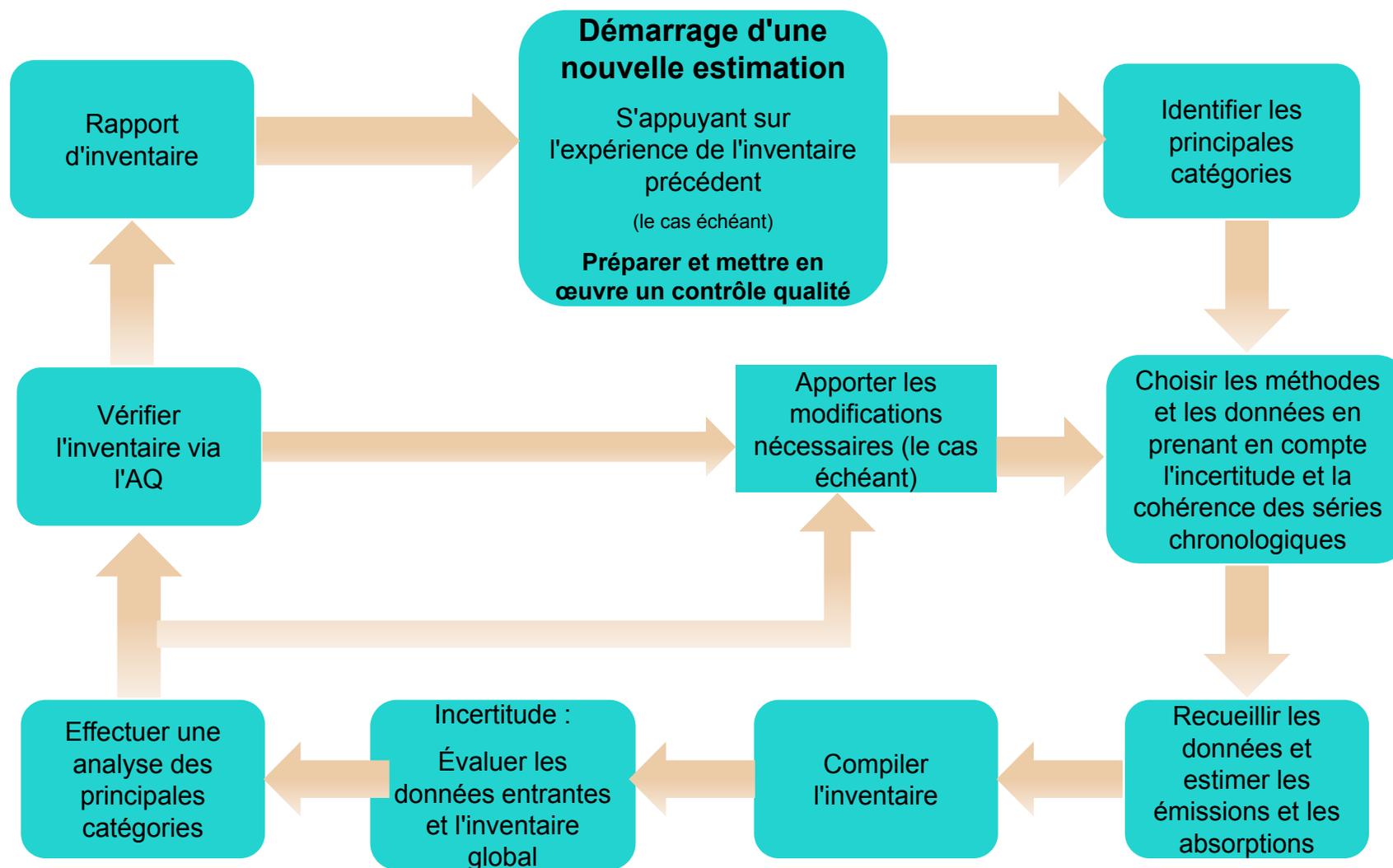
 - ❖ Un ordre de grandeur (soit 1 à 100).







Cycle des inventaires



Groupe consultatif d'experts (GCE)

Supports de formation pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre

❑ Hypothèses et méthodes

- ❖ Ces méthodes peuvent ne pas refléter exactement les émissions. **Les bonnes pratiques** exigent que les biais soient réduits autant que possible. Les lignes directrices s'efforcent d'être aussi objectives et complètes que possible.

❑ Les données entrantes

- ❖ Les valeurs mesurées impliquent des erreurs et les facteurs d'émission sont susceptibles de ne pas être réellement représentatifs.

❑ Les erreurs de calcul

- ❖ Mettre en œuvre de bonnes procédures AQ/CQ pour éviter celles-ci.

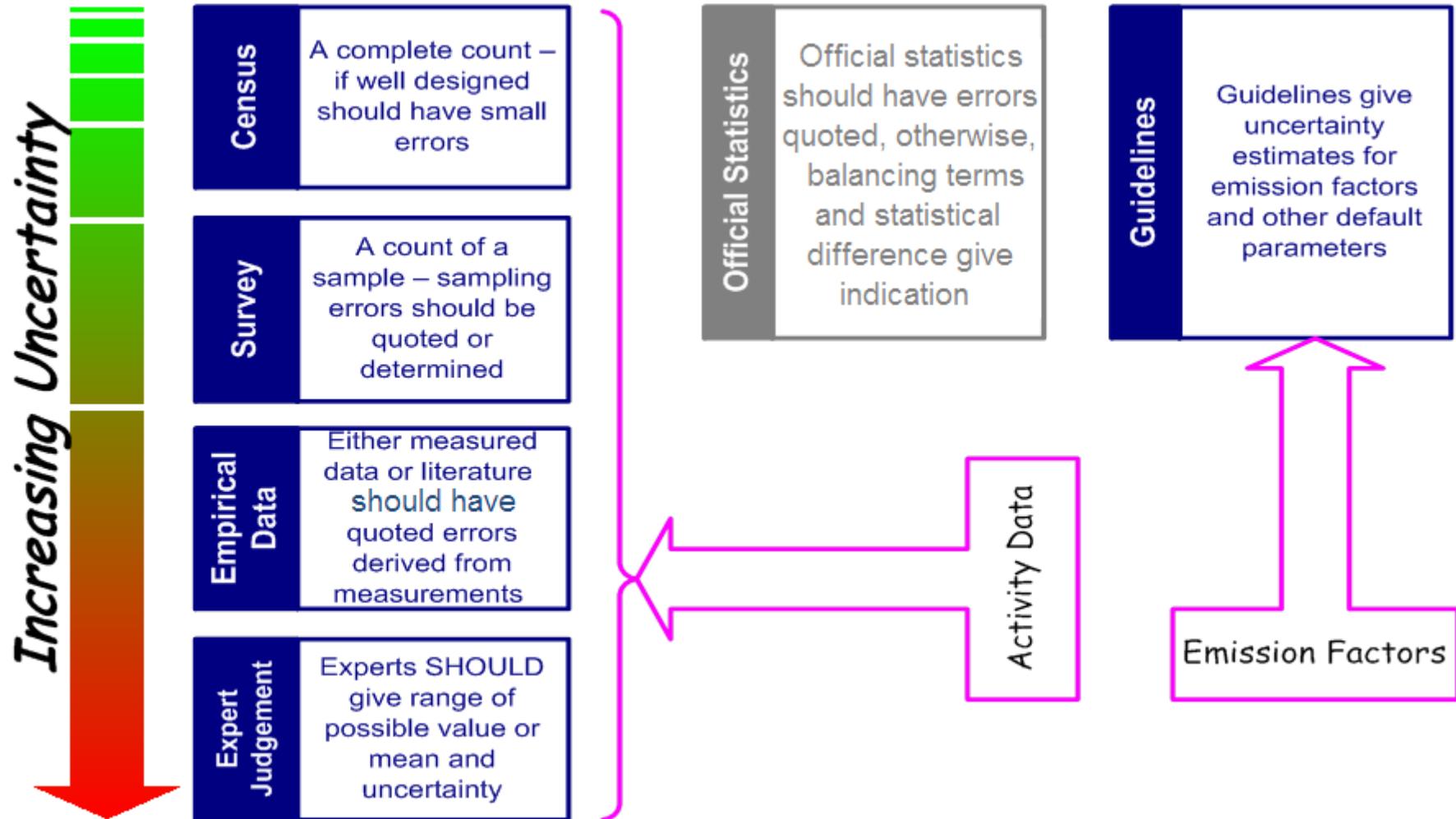
Les incertitudes sont présentes dans les données entrantes du fait ...

- Du petit nombre de données
 - ❖ De l'utilisation d'approximations, d'extrapolations, etc.
 - ❖ De données manquantes.
- De données non véritablement représentatives
- De l'erreur d'échantillonnage statistique aléatoire
- Des erreurs de mesure
- De mauvaises communications

La prise en compte de ces points durant la phase de collecte des données permet de minimiser les erreurs.



Documentation de l'incertitude



Les sources de données

- Organismes statistiques nationaux
- Experts sectoriels, organisations des parties concernées
- Autres experts nationaux
- Base de données des facteurs d'émission du GIEC
- Autres experts internationaux
- Publications de statistiques des organisations internationales, ex : Nations Unies, FAO, AIE, OCDE et FMI (tenant à jour les données d'activité et économiques internationales)
- Bibliothèques de référence (bibliothèques nationales)
- Articles scientifiques et techniques dans des ouvrages, revues et rapports environnementaux
- Universités
- Recherche d'organisations et de spécialistes sur le web
- Rapports des inventaires nationaux des Parties impliquées dans la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
- Ministères, autorités locales et traditionnelles.



Le jugement d'experts

- ❑ **Un jugement d'expert** sur le choix méthodologique et le choix des données entrantes à utiliser est la base ultime de tout développement d'un inventaire.
- ❑ **Les experts ayant les antécédents appropriés** sont rencontrés dans les institutions gouvernementales et professionnelles, les instituts techniques, les sociétés industrielles et les universités.
- ❑ **L'objectif** du jugement d'experts peut être la sélection :
 - ❖ De la méthodologie appropriée
 - ❖ De la valeur et de l'incertitude des paramètres dans les plages indiquées
 - ❖ Des données sur les activités les plus appropriées à utiliser
 - ❖ De la façon la plus appropriée d'appliquer une méthodologie
 - ❖ Ou la détermination de la combinaison appropriée des technologies en usage.
- ❑ Un jugement d'expert est toujours requis, car il est nécessaire de juger si les données constituent un échantillon aléatoire représentatif et, si oui, quelles sont les méthodes à utiliser pour analyser les données.
- ❑ Cela nécessite un jugement à la fois technique et statistique.



Travailler avec les experts

- ❑ Autant que possible, le jugement d'expert doit être obtenu en utilisant un protocole approprié (exemple le protocole de Stanford [Stanford Research Institute]) :
 - ❖ **Motiver** : Établir un rapport avec l'expert, décrire le contexte, expliquer les écarts les plus courants.
 - ❖ **Structurer** : Définir clairement les quantités pour lesquelles les jugements sont à rechercher (exemple, on devra faire une moyenne sur un an des émissions ou des absorptions pour des conditions spécifiques).
 - ❖ **Conditionnement** : Travailler avec l'expert afin d'identifier et d'enregistrer toutes les données, les modèles et les théories pertinentes quant à la formulation des jugements.
 - ❖ **Codage** : Demander et quantifier le jugement de l'expert (peut différer, mais doit inclure des informations sur l'incertitude).
 - ❖ **Vérification** : Analyse et commentaires sur les conclusions de leur jugement. Est ce qui a été codé reflète vraiment ce que l'expert a voulu dire ?
 - ❖ **Documenter** !



Souvenez-vous ...

- ❑ Produire des **estimations de « bonnes pratiques » d'émissions et d'absorption est primordiale.**
- ❑ **Les efforts portés sur l'analyse de l'incertitude doivent être réduits** en comparaison avec les efforts sur les estimations des inventaires elles-mêmes.
- ❑ Les activités de collecte de données doivent **prendre en compte l'incertitude des données** :
 - ❖ Cela permet de veiller à ce que les données les plus pertinentes soient recueillies et assure de bonnes estimations de pratiques
 - ❖ La collecte de données doit être associée à l'évaluation de leur **pertinence**.
- ❑ Dans sa forme la plus simple, une évaluation de l'incertitude bien planifiée **ne doit prendre que quelques heures supplémentaires !**



❑ La propagation d'erreur

- ❖ Simple - un tableur standard peut être utilisé
 - ✧ Les lignes directrices donnent les explications et les équations
- ❖ Difficultés pour la gestion des corrélations
- ❖ Strictement (écart type/moyenne) $< 0,3$
 - ✧ Une solution simple est fournie.

❑ La simulation de Monte-Carlo

- ❖ Plus complexe - Utiliser un logiciel spécialisé
- ❖ Requier une forme de la fonction de densité de probabilité (fdp)
- ❖ Adaptée lorsque les incertitudes sont grandes et lorsque des corrélations non gaussiennes à algorithmes complexes existent et que les incertitudes varient avec le temps.

Propagation d'erreur - Exemple

Saisie des données d'émissions

Données calculées à l'aide d'équations simples

TABLE 3.2
APPROACH 1 UNCERTAINTY CALCULATION

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
IPCC category	Gas	Base year emissions or removals	Year <i>t</i> emissions or removals	Activity data uncertainty	Emission factor / estimation parameter uncertainty	Combined uncertainty	Contribution to Variance by Category in Year <i>t</i>	Type A sensitivity	Type B sensitivity	Uncertainty in trend in national emissions introduced by emission factor / estimation parameter uncertainty	Uncertainty in trend in national emissions introduced by activity data uncertainty	Uncertainty introduced into the trend in total national emissions
		Input data	Input data	Input data Note A	Input data Note A	$\sqrt{E^2 + F^2}$	$\frac{(G \cdot D)^2}{(\sum D)^2}$	Note B	$\frac{ D }{\sum C}$	I • F Note C	J • E • $\sqrt{2}$ Note D	$K^2 + L^2$
		Gg CO ₂ equivalent	Gg CO ₂ equivalent	%	%	%	%	%	%	%	%	%
E.g., I.A.1. Energy Industries Fuel 1	CO ₂											
E.g., I.A.1. Energy Industries Fuel 2	CO ₂											
Etc...	...											
Total		$\sum C$	$\sum D$				$\sum H$					$\sum M$
					Percentage uncertainty in total inventory:		$\sqrt{\sum H}$				Trend uncertainty:	$\sqrt{\sum M}$

Saisie des incertitudes



Groupe consultatif d'experts (GCE)

Supports de formation pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre

Approach 1 uncertainty calculation

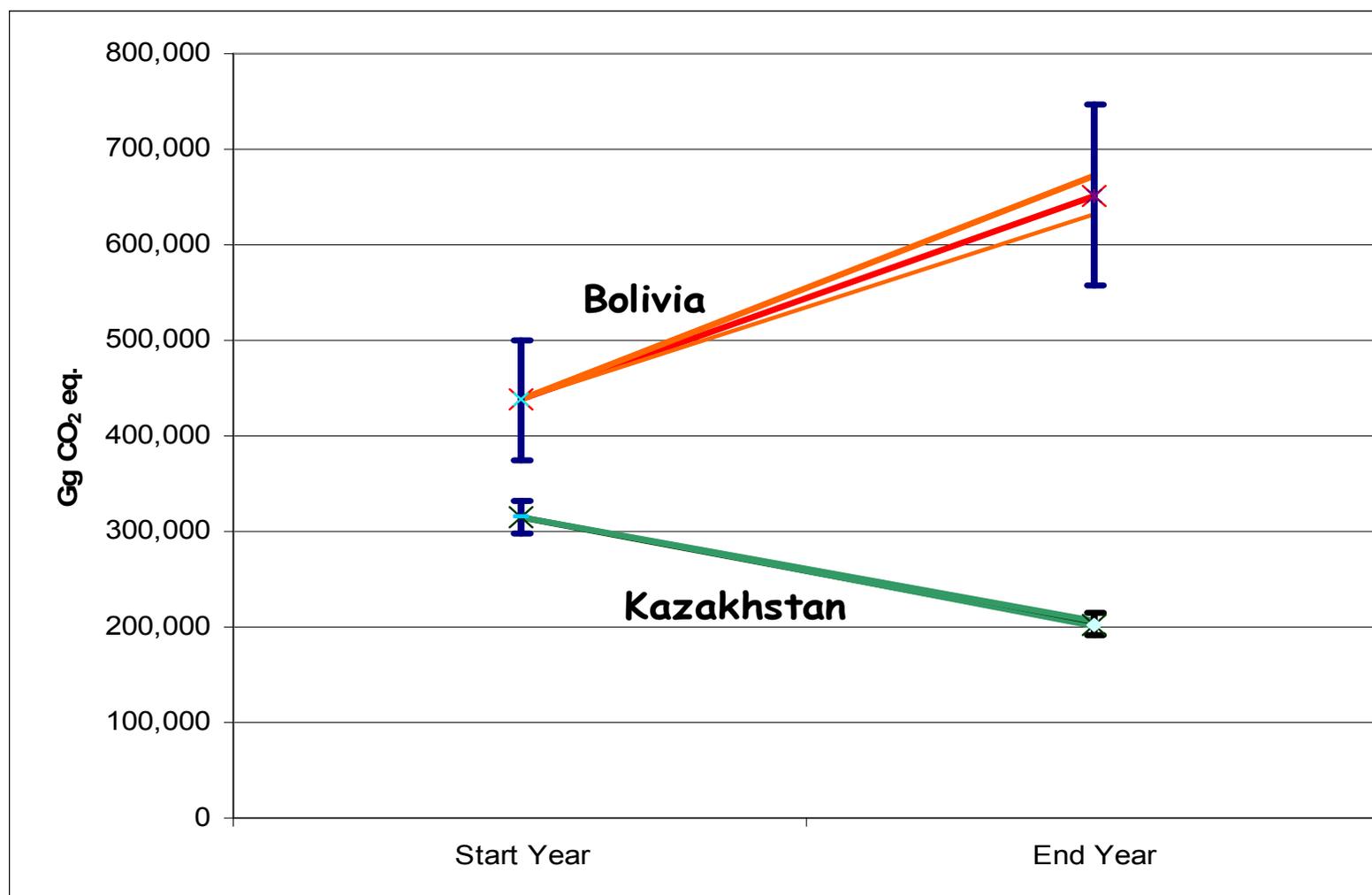
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
IPCC category	Gas	Base year emissions or removals	Year t emissions or removals	Activity data uncertainty	Emission factor / estimation parameter uncertainty	Combined uncertainty	Contribution to Variance by Category in	Type A sensitivity	Type B sensitivity	Uncertainty in trend in national	Uncertainty in trend in national	Uncertainty introduced into the trend in total national emissions
		Input data	Input data	Input data	Input data	$\sqrt{E^2 + F^2}$	$\frac{(G+D)^2}{(\Sigma D)^2}$		$ \Sigma C $	$I \cdot F$	$J \cdot E \cdot \sqrt{2}$	$K^2 + L^2$
	Gg CO ₂ equivalent	Gg CO ₂ equivalent	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1.A.1. Energy Industries	CH4	35.5346662	32.9951217	5	25	25.50	0.0	3.20506E-05	0.00010495	0.000801264	0.000742109	1.19275E-06
1.A.2. Manufacturing Industries and Constructor	CH4	57.0302899	51.8776096	5	25	25.50	0.0	4.80131E-05	0.000165011	0.001200328	0.001166804	2.80222E-06
1.A.3. Transport	CH4	81.7067834	37.1466612	5	25	25.50	0.0	-4.94664E-05	0.000118155	-0.00123666	0.000835483	2.22736E-06
1.A.4. Other Sectors	CH4	1041.24025	428.554682	5	25	25.50	0.0	-0.000772946	0.001363136	-0.019323647	0.009638828	0.00046631
1.A.5. Other	CH4	330.338228	97.5658895	5	25	25.50	0.0	-0.000367351	0.000310335	-0.009183772	0.002194401	8.91571E-05
1.B.1. Solid Fuels	CH4	24867.6834	12364.38	10	25	26.93	2.7	-0.011678579	0.039328314	-0.291964463	0.556186352	0.394586505
1.B.2. Oil and Natural Gas	CH4	12570.348	4022.34735	10	25	26.93	0.3	-0.012988732	0.012794183	-0.324718297	0.180937071	0.138180196
2.B. Chemical Industry .	CH4	40.53	37.5018	10	25	26.93	0.0	3.61373E-05	0.000119285	0.000903433	0.001686942	3.66196E-06
4.A. Enteric Fermentation.	CH4	14054.9863	734.34	4	25	26.93	1.5	-0.005462727	0.023368679	-0.163881819	0.495724537	0.272600067
4.B. Manure Management.	CH4	1903.28061	1199.6	4	25	26.93	0.0	-8.88245E-05	0.003815756	-0.002664735	0.080944413	0.006559099
4.C. Rice Cultivation.	CH4	522.9	330.338228	2	25	26.93	0.0	5.3609E-06	0.001078092	0.000160827	0.015246523	0.000232482
4.F. Field Burning of Agricultural Residues.	CH4	64.3314	330.338228	6	25	26.93	0.0	-1.24107E-05	0.000119565	-0.000372321	0.003381819	1.15753E-05
6.A. Solid Waste Disposal on Land.	CH4	1959.72	370.338228	4	25	26.93	0.4	0.00787088	0.011891742	0.236126385	0.252261939	0.119391756
6.B. Wastewater Handling.	CH4	787.08	747.18	4	25	26.93	0.0	0.000761896	0.002376612	0.022856865	0.050415547	0.003064164
1.A.1. Energy Industries	CO2	102607.31	95960.34	5	5	7.07	11.2	0.094441853	0.305249301	0.472209267	2.158438506	4.881838378
1.A.2. Manufacturing Industries and Constructor	CO2	33991.06	29434.34	5	5	7.07	1.1	0.02618491	0.095945987	0.130924551	0.678440577	0.477422855
1.A.3. Transport	CO2	23987.07	8406.48	5	5	7.07	0.1	-0.022453294	0.026739124	-0.11226647	0.189074157	0.048352797
1.A.4. Other Sectors	CO2	47332.52	11784.04	5	5	7.07	0.2	-0.053800014	0.037482383	-0.269000072	0.265040472	0.14260749
1.A.5. Other	CO2	8370.16	4124.19	5	5	7.07	0.0	-0.004052209	0.013118122	-0.020261045	0.092759127	0.009014766
1.B.2. Oil and Natural Gas	CO2	3408.21	5171.49583	10	15	18.03	0.2	0.009456387	0.016449366	0.141845811	0.232629165	0.074236563
2.A. Mineral Products.	CO2	5744.63	2507.20146	10	15	18.03	0.0	-0.003809586	0.007974844	-0.057143788	0.112781331	0.015985041
2.B. Chemical Industry .	CO2	1355.56	171.93456	10	15	18.03	0.0	-0.002233954	0.000546885	-0.033509311	0.007734125	0.001182691
2.C. Metal Production.	CO2	12932.6799	10507.4715	10	15	18.03	0.9	0.006887639	0.033421905	0.103314586	0.47265712	0.234078657
5.A. Changes in Forest and Other Woody Bioma	CO2	97.19	97.19	50	80	94.34	0.0	-0.000199385	0	-0.015950798	0	0.000254428
5.A. Changes in Forest and Other Woody Bioma	CO2	-7810.79	-7721.7341	50	80	94.34	12.9	-0.008539362	0.024561101	-0.683148991	1.736732102	3.482930938
5.B. Forest and Grassland Conversion.	CO2	6.26	280.43888	25	75	79.06	0.0	0.00087917	0.000892013	0.065937785	0.031537424	0.005342401
1.A.1. Energy Industries	N2O	388.516902	328.741673	5	50	50.25	0.0	0.000248607	0.001045653	0.012430334	0.007393886	0.000209183
1.A.2. Manufacturing Industries and Constructor	N2O	112.709781	114.844426	5	50	50.25	0.0	0.000134069	0.000365294	0.006703468	0.002583021	5.16085E-05
1.A.3. Transport	N2O	57.3319301	21.6195922	5	50	50.25	0.0	-4.88495E-05	6.87671E-05	-0.002442474	0.000486257	6.20212E-06
1.A.4. Other Sectors	N2O	194.497577	46.1816455	5	50	50.25	0.0	-0.000252117	0.000146893	-0.01260587	0.001038693	0.000159987
1.A.5. Other	N2O	27.4386549	13.5195061	5	50	50.25	0.0	-1.3288E-05	4.30025E-05	-0.000664398	0.000304074	5.33886E-07
4.B. Manure Management.	N2O	375.1	198.4	15	30	33.54	0.0	-0.000138451	0.000631066	-0.004153541	0.013386927	0.000196462
4.D. Agricultural Soils(2).	N2O	25217.694	9798.17	20	30	36.06	3.0	-0.020551916	0.031165777	-0.616557485	0.881501284	1.157187646
4.F. Field Burning of Agricultural Residues.	N2O	24.304	21.297	20	30	36.06	0.0	1.78812E-05	6.7741E-05	0.000536437	0.001916004	3.95884E-06
6.B. Wastewater Handling.	N2O	452.6	384.4	15	30	33.54	0.0	0.000294175	0.00122269	0.00885264	0.025937172	0.000750622
Keep Blank!												
Total		314388.7626	202771.1719			ΣH	34.6				ΣM	11.4670044
						Percentage uncertainty in total inventory:	5.880740472			Trend uncertainty:	3.386296561	

Incertitudes des données d'activité basées sur la source de données

Incertitudes des facteurs d'émission basées sur les valeurs par défaut dans les lignes directrices

Liste réduite de sources/pièges

Propagation d'erreur : exemple de résultats



Propagation d'erreur : exemple de résultats (suite)

	Kazakhstan			Bolivia		
Emissions	Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks.	CO2	86%	Enteric Fermentation	CH4	95%
	Energy Industries	CO2		Forest and Grassland Conversion	N2O	
	Agricultural Soils	N2O		Agricultural Soils	N2O	
	Solid Fuels	CH4		Forest and Grassland Conversion	CO2	
Variance	Energy Industries	CO2	69%	Enteric Fermentation	CH4	72%
	Manufacturing Industries and Construction	CO2		Agricultural Soils	N2O	
	Solid Fuels	CH4		Forest and Grassland Conversion	N2O	
	Other Sectors	CO2		Conversion	CO2	



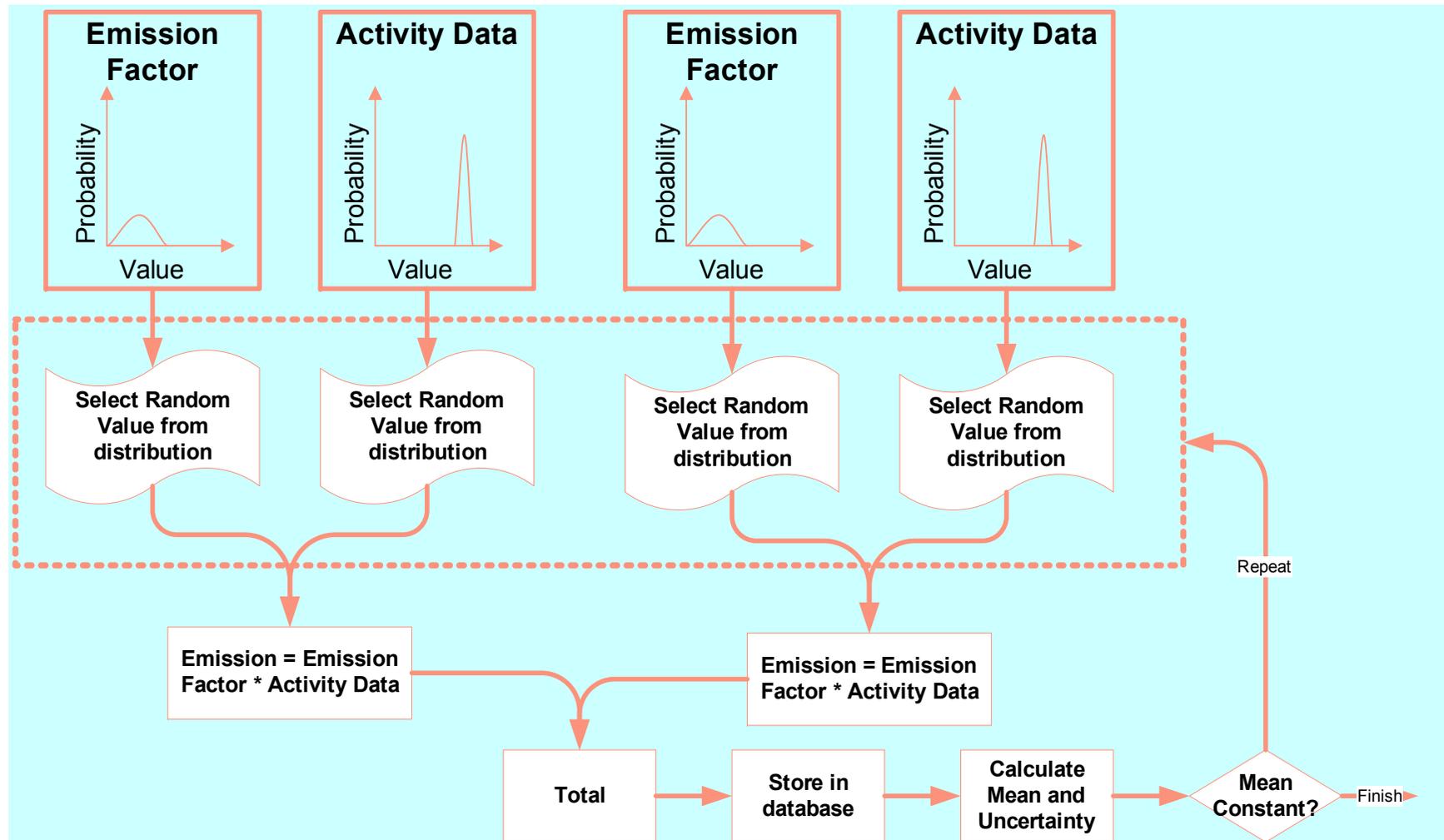
❑ Les principales exigences

- ❖ Non seulement les incertitudes, mais aussi la fonction de densité de probabilité (fdp)
 - ✧ Moyenne
 - ✧ Largeur
 - ✧ Forme (exemple, normale, log-normale, Weibull, gamma, uniforme, triangulaire, fractile)

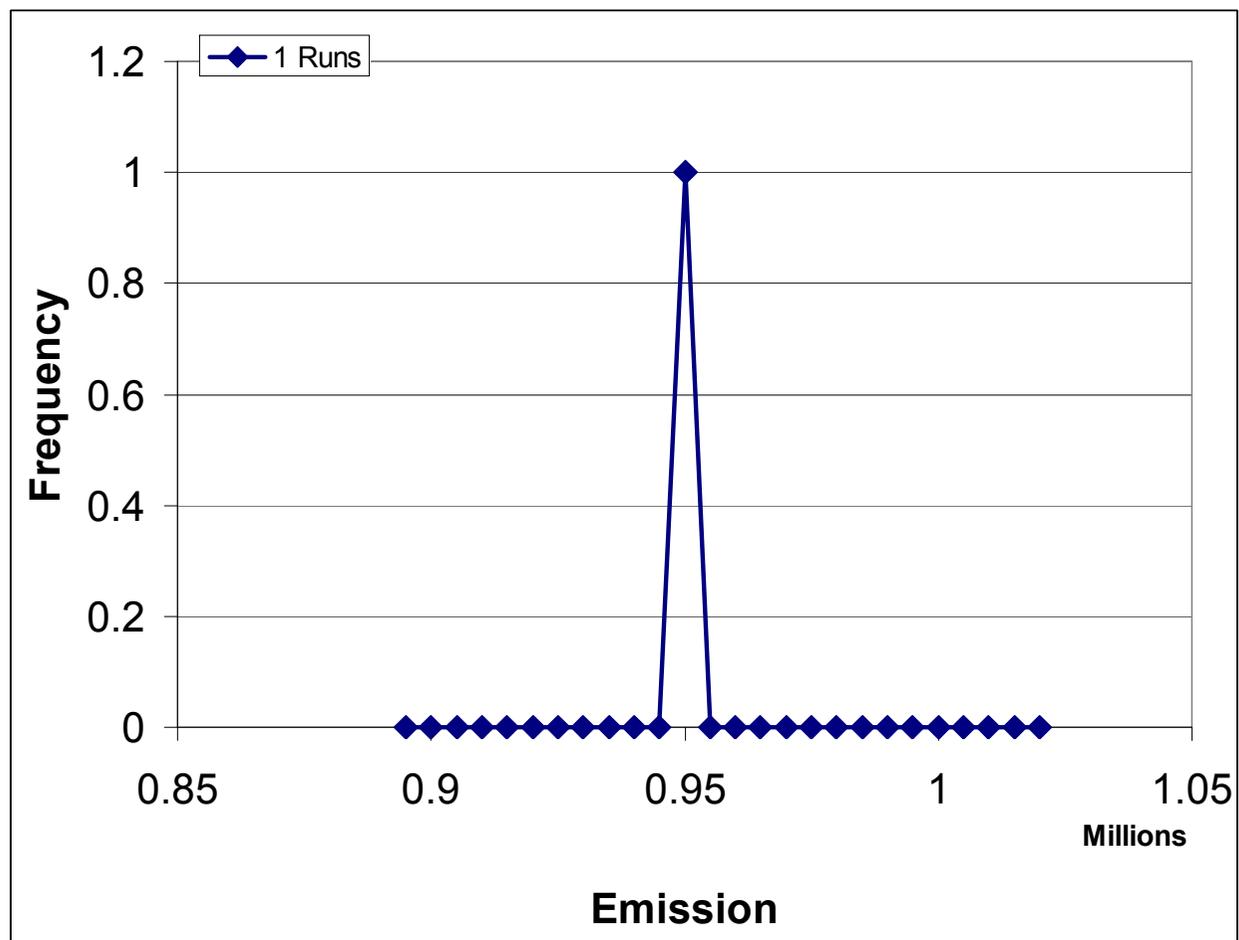
❑ Principe

- ❖ Sélection de valeurs aléatoires des paramètres d'entrée à partir de leur fdp et calcul de l'émission correspondante. Plusieurs répétitions et la distribution des résultats est la fdp du résultat, à partir de laquelle la moyenne et l'incertitude peuvent être estimées.

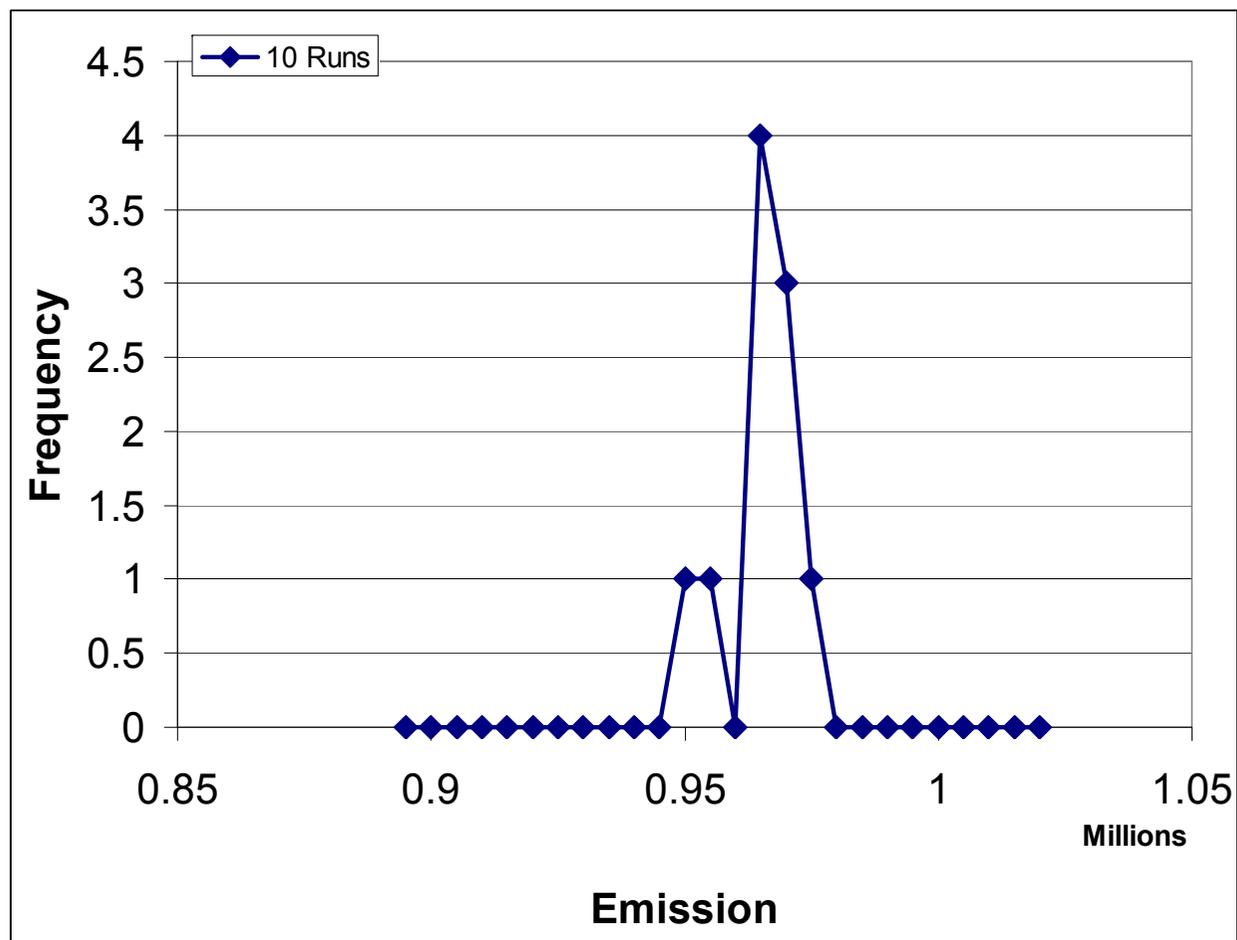
Méthode Monte-Carlo - approche simplifiée : exemple (suite)



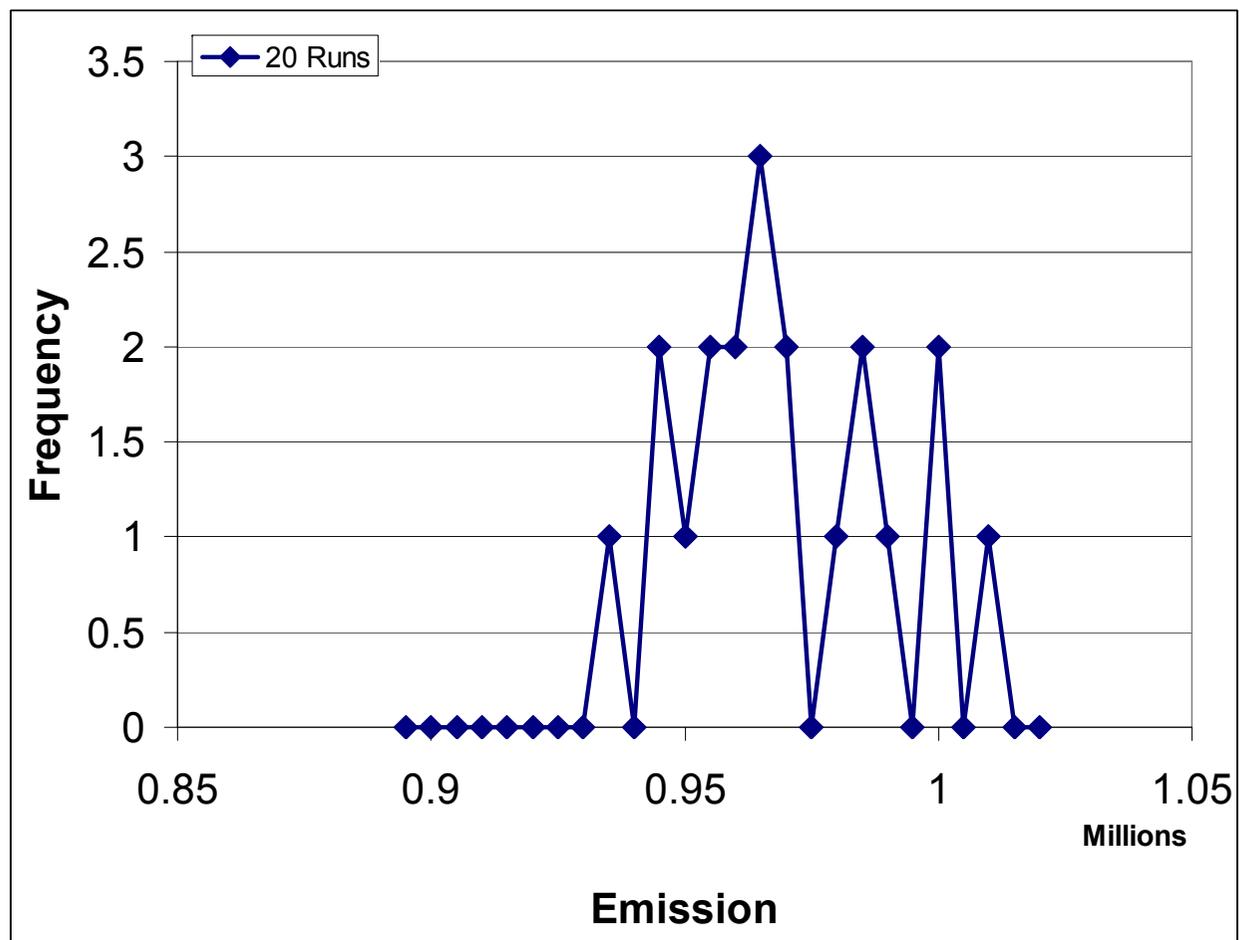
Méthode Monte-Carlo - approche simplifiée : 1 tirage



Méthode Monte-Carlo - approche simplifiée : 10 tirages



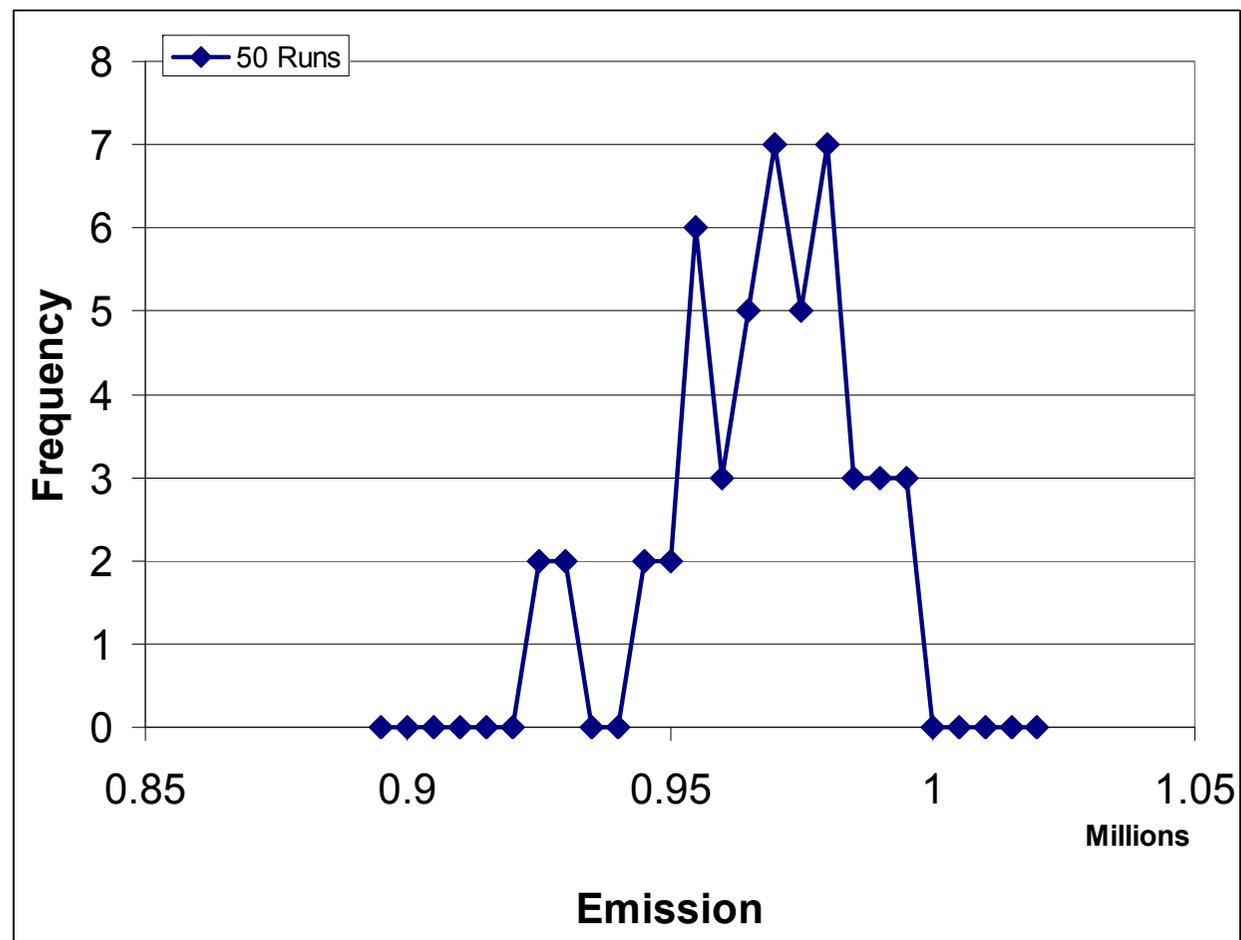
Méthode Monte-Carlo - approche simplifiée : 20 tirages



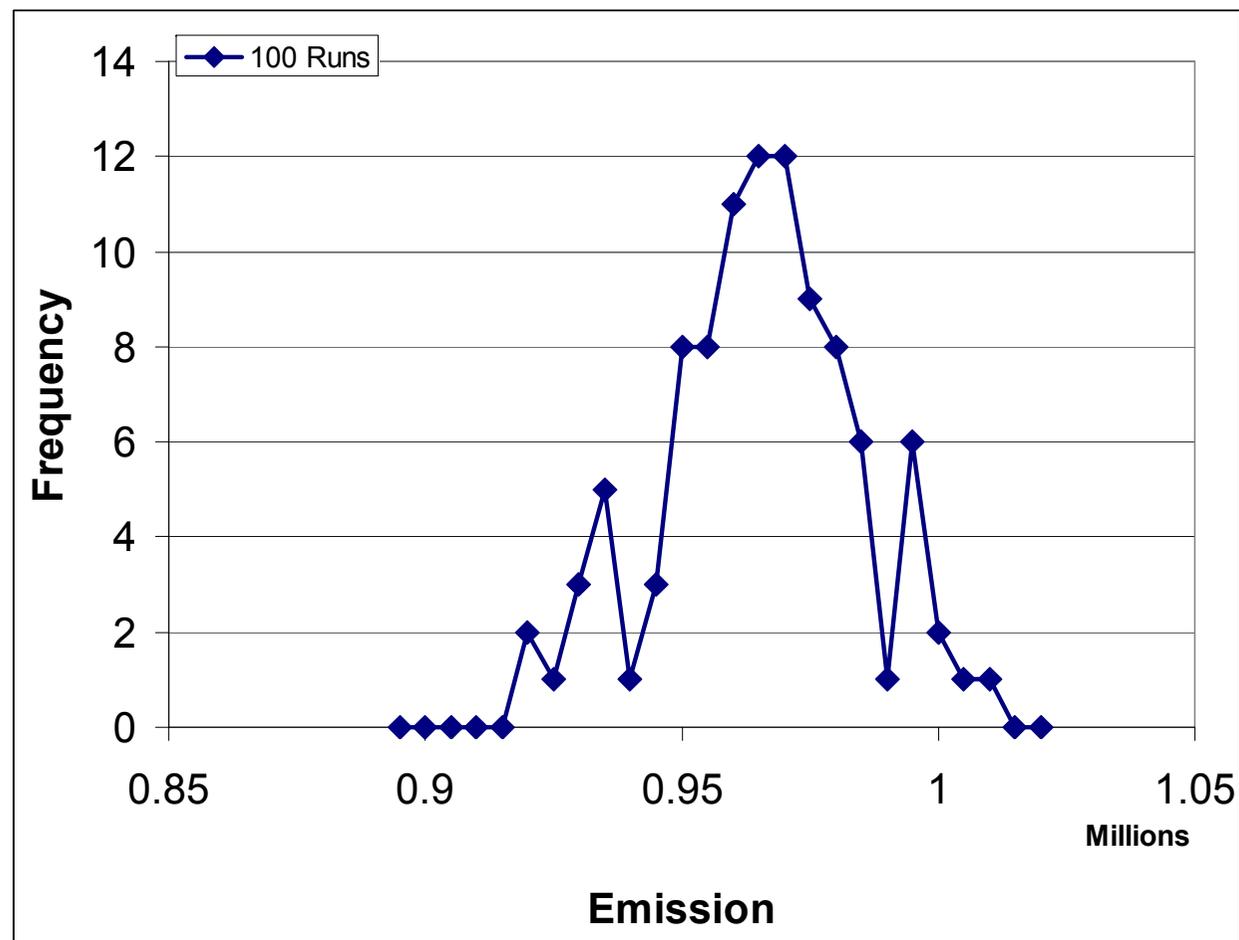
Groupe consultatif d'experts (GCE)

Supports de formation pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre

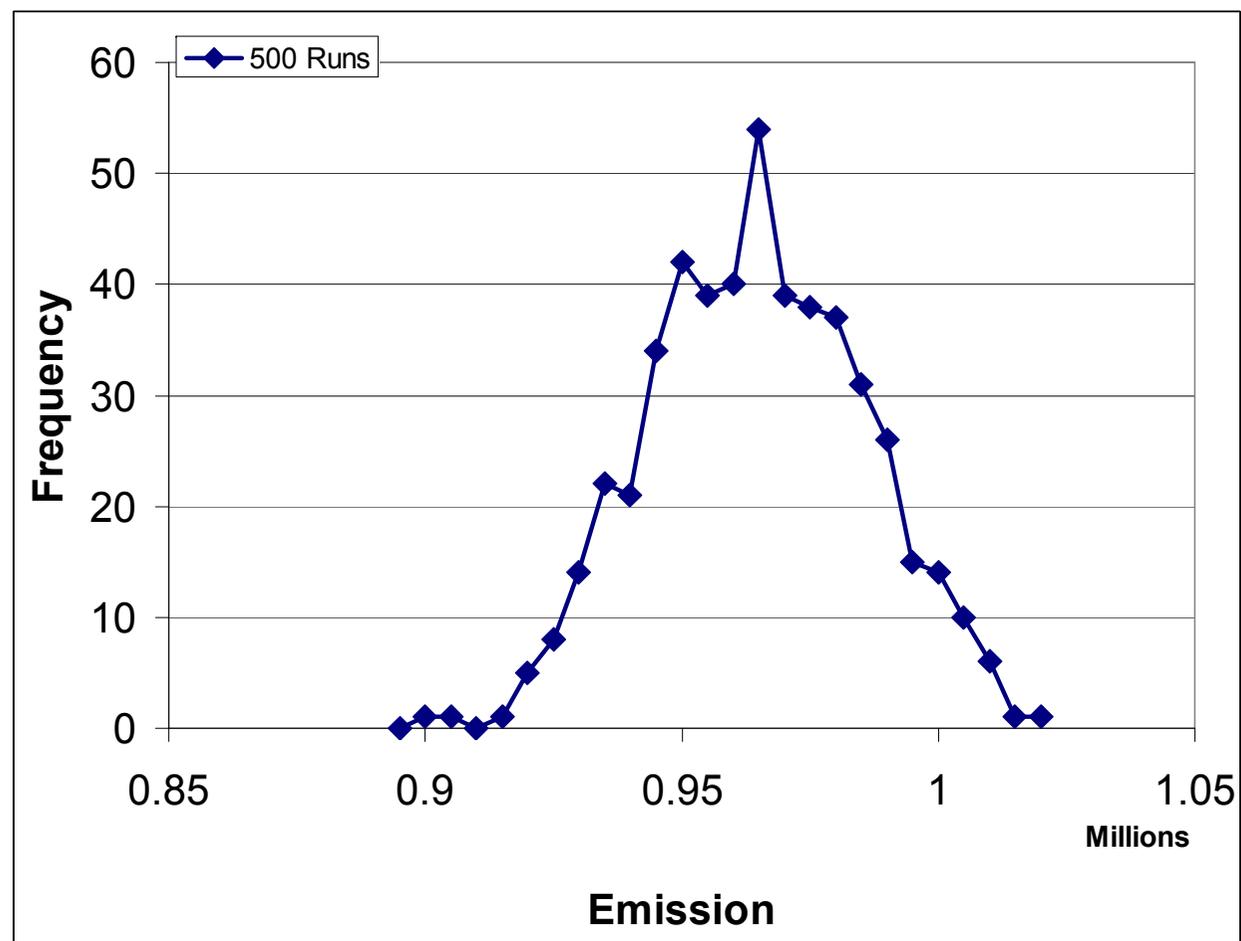
Méthode Monte-Carlo - approche simplifiée : 50 tirages



Méthode Monte-Carlo - approche simplifiée : 100 tirages



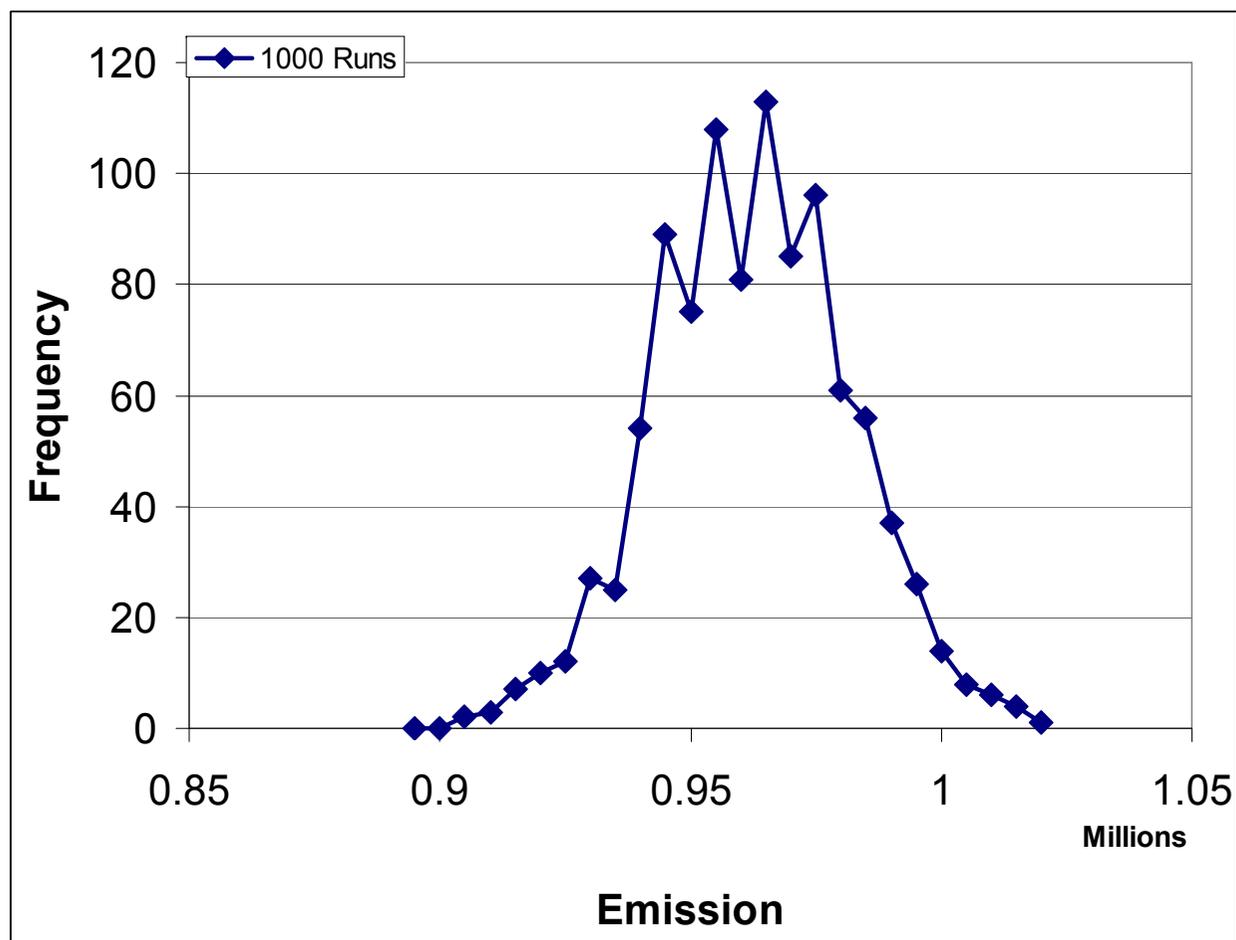
Méthode Monte-Carlo - approche simplifiée : 500 tirages



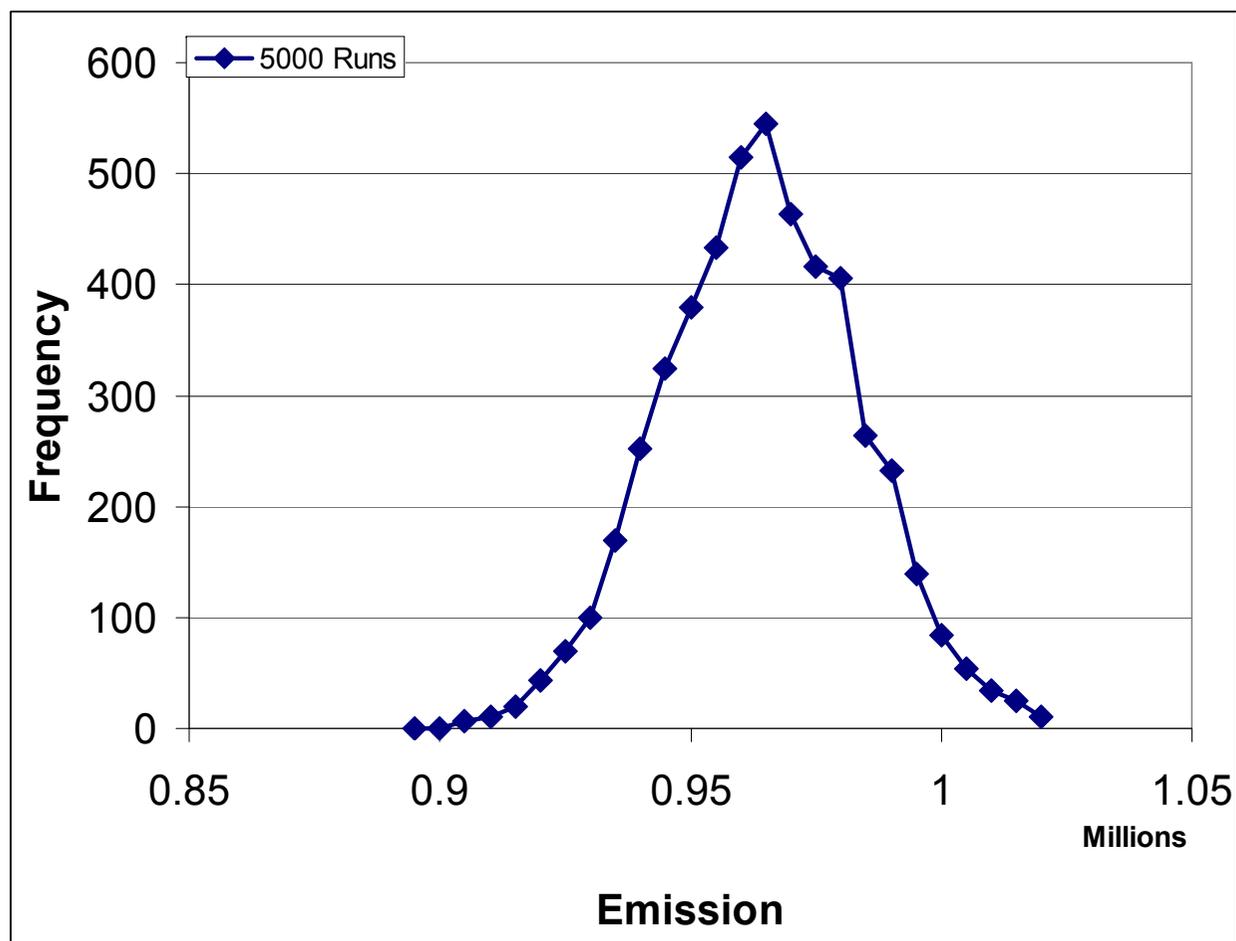
Groupe consultatif d'experts (GCE)

Supports de formation pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre

Méthode Monte-Carlo - approche simplifiée : 1000 tirages



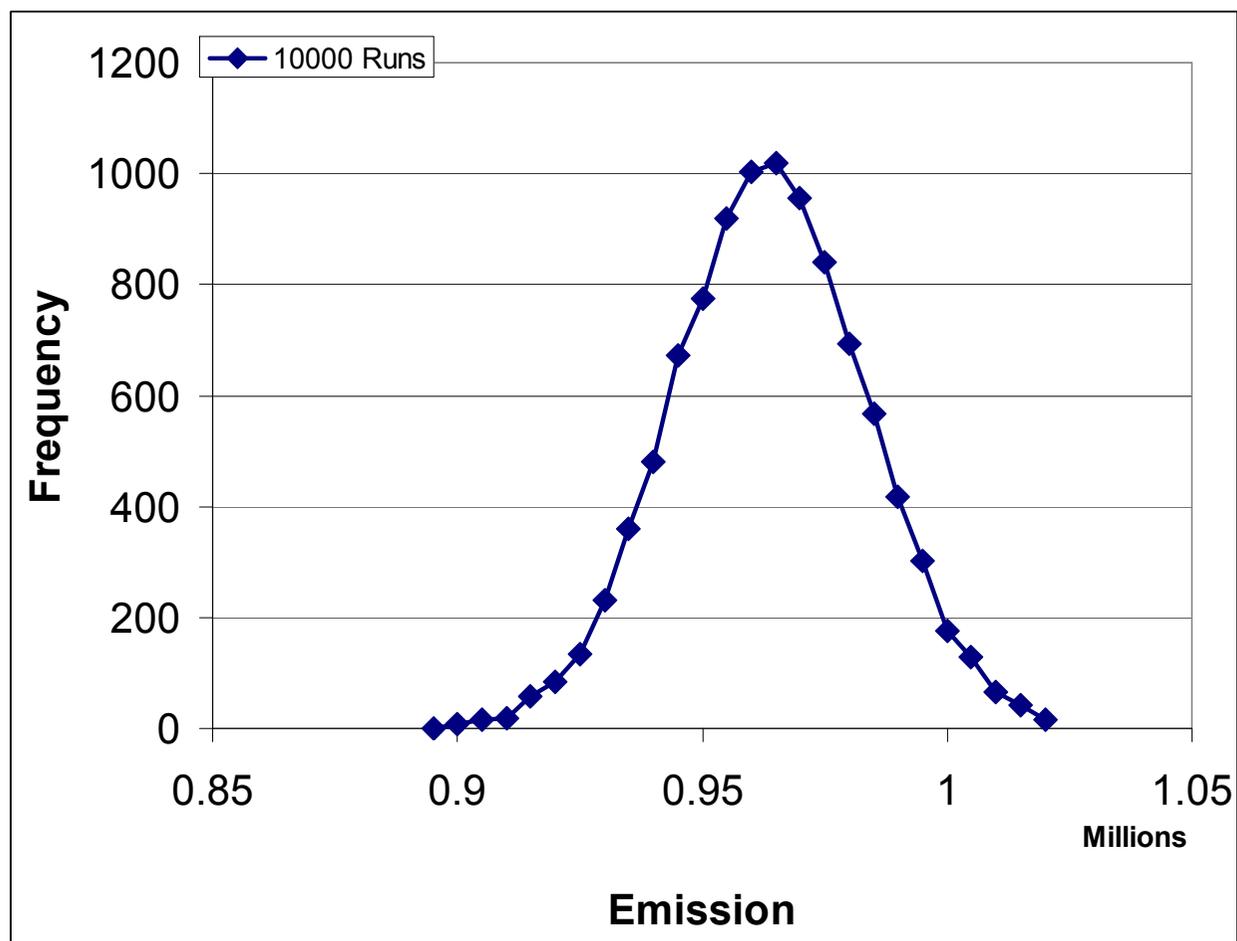
Méthode Monte-Carlo - approche simplifiée : 5000 tirages



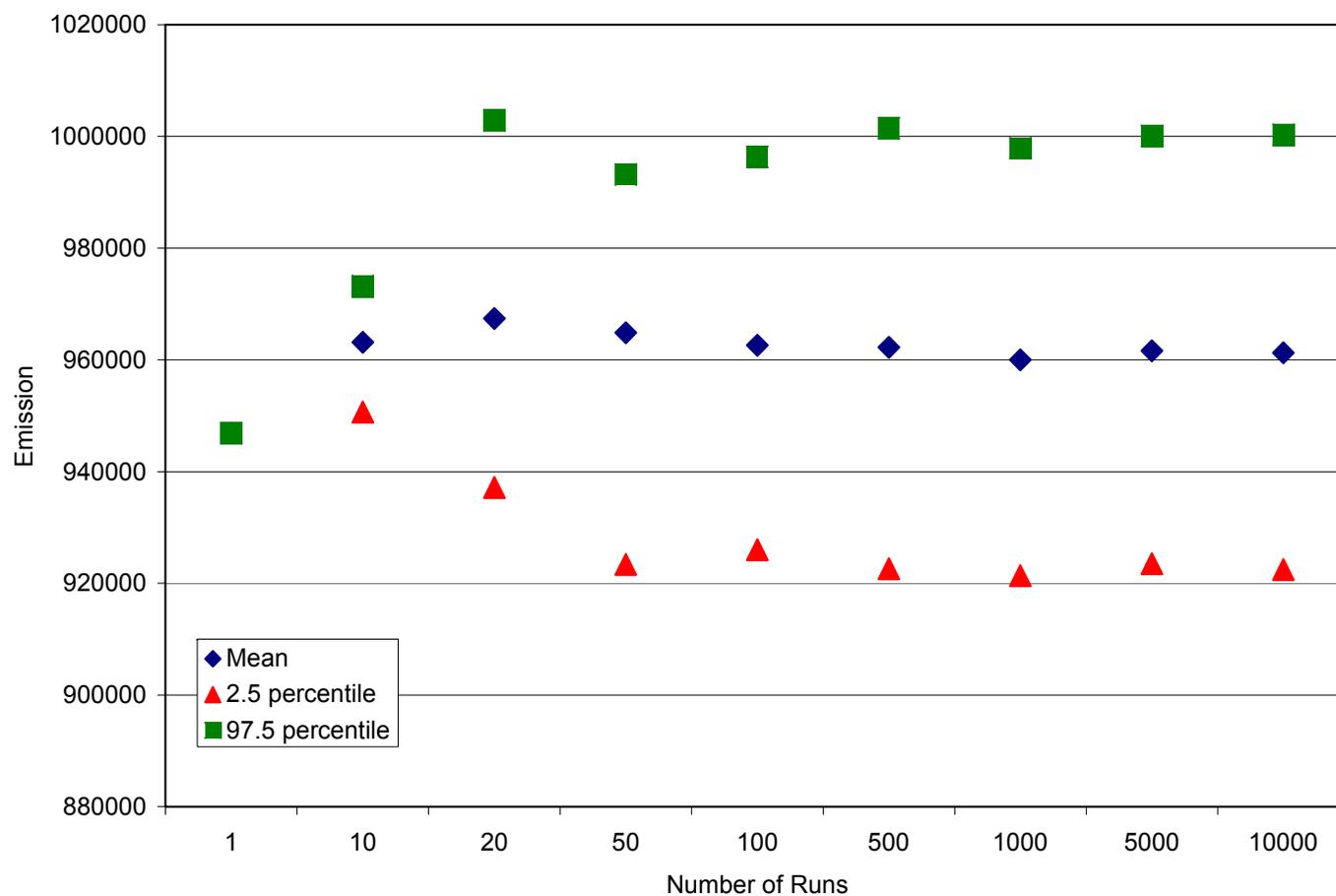
Groupe consultatif d'experts (GCE)

Supports de formation pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre

Méthode Monte-Carlo - approche simplifiée : 10 000 tirages



Méthode Monte-Carlo - approche simplifiée : synthèse des résultats



Synthèse

- ❑ Même les **simples estimations de l'incertitude** donnent des informations utiles - si elles sont correctement effectuées !

- ❑ L'évaluation de l'incertitude dans les paramètres d'entrée **doit faire partie du processus AQ/CQ standard de la collecte de données** :
 - ❖ Une attention particulière améliore les estimations et fournit également des données d'entrée pour l'analyse d'incertitude.

- ❑ **Si les ressources sont limitées** : les montants consacrés à l'analyse de l'incertitude doivent être réduits par rapport à l'effort total.

- ❑ Pour des **estimations simples** :
 - ❖ Incertitude dans les données d'activité évaluées comme données recueillies
 - ❖ Incertitude des facteurs d'émission à partir des lignes directrices si facilement disponibles
 - ❖ Catégories/gaz reliés aux groupes indépendants de sources/pièges
 - ❖ Utiliser l'approche 1 - le tableur nécessite peu de connaissances statistiques.



Merci

Schémas© GIEC sauf indication contraire

