

APPRECIATION QUANTITATIVE DES RISQUES : exemple d'utilisation de la méthode de simulation de Monte-Carlo

M. Sanaa¹, R. Pouillot² et B. Toma¹

RESUME : L'utilisation de la méthode de simulation de Monte-Carlo en appréciation quantitative des risques est présentée à l'aide d'un exemple sur la brucellose bovine traité dans l'article de B. Toma et al. [2002, p. 83-92].

SUMMARY : The use of the Monte Carlo method of simulation in quantitative appreciation of the risk is presented by means of an example on the bovine brucellose treated in the article of B. Toma et al. [2002, p. 83-92].



I - INTRODUCTION

La dernière étape de l'appréciation des risques infectieux transmissibles par les aliments ou d'introduction de maladies infectieuses lors d'importation d'animaux ou de leurs produits est l'estimation des risques. Elle consiste à intégrer les résultats de l'appréciation de l'émission, de l'exposition et de la relation dose/effet pour établir des mesures quantitatives des risques.

Traditionnellement, les calculs sont faits avec des valeurs ponctuelles, comme les moyennes ou les valeurs extrêmes, « worst case » (scénario du pire), de chacune des variables entrant dans le modèle. On obtient alors des estimations ponctuelles ou « déterministes » du risque. Cette façon de procéder, bien que très courante, n'est pas totalement satisfaisante car elle ignore la dynamique biologique du modèle élaboré.

Afin de tenir compte de la diversité des situations possibles sans recourir aux estimations ponctuelles, on peut utiliser la méthode de simulation de Monte Carlo (SMC). Les entrées et les sorties du modèle sont

généralement des distributions de probabilité. Grâce à la prise en compte de la variabilité des facteurs du modèle, on obtient une distribution de probabilité du risque et non pas une valeur unique du risque. L'étude de sensibilité du modèle permet en général d'identifier et de hiérarchiser les facteurs agissant sur le risque, et par conséquent, identifier les options optimales de réduction du risque.

L'appellation Monte-Carlo date des alentours de 1944 et fait référence à la principauté et à son casino, célèbre lieu des jeux de hasard. Des chercheurs isolés ont cependant utilisé bien avant des méthodes statistiques faisant appel aux simulations, mais la véritable utilisation des méthodes de Monte-Carlo commença avec les recherches sur la bombe atomique. Au cours de l'immédiat après-guerre, Von Neumann, Fermi et Ulam annoncèrent les possibilités d'application de la méthode de Monte-Carlo (par exemple, pour l'approximation des valeurs propres de l'équation de Schrödinger).

¹ ENVA, 7 avenue du général de Gaulle, F-94704 Maisons-Alfort cedex, France

² Afssa, 27-31 avenue du général Leclerc, BP 19, F-94701 Maisons-Alfort Cedex, France, r.pouillot@afssa.fr.

La méthode de Monte-Carlo est utilisée dans de nombreux problèmes: en sciences physiques, en sciences économiques, pour des prévisions électorales, en analyse des risques, etc.

Afin d'illustrer l'intérêt de la méthode de Monte-Carlo en appréciation quantitative du risque nous reprenons un problème déjà traité dans le livre d'épidémiologie appliquée [Toma *et al.*, 2001]. Il s'agit du problème sur la brucellose bovine, présenté également dans ce numéro spécial (cf. p. 83-92).

Rappelons les données du problème :

« La zone A, dont les caractéristiques de l'élevage bovin et de l'incidence de la brucellose bovine sont indiquées dans le tableau I, désire introduire des bovins en provenance de la zone B dont les caractéristiques correspondantes figurent dans ce même tableau.

Dans ces deux zones, les troupeaux dont l'infection brucellique est détectée sont soumis à un blocage des animaux et à un assainissement. Le dépistage de la brucellose se fait par test de l'anneau trimestriel (troupeaux laitiers) ou par sérologie individuelle (troupeaux allaitants).

TABLEAU I

Caractéristiques de l'élevage bovin et de l'incidence de la brucellose bovine dans la zone A (d'introduction) et dans la zone B (d'origine)

	Nombre de troupeaux bovins	Nombre de bovins	Nombre annuel de foyers de brucellose bovine
Zone A (introduction)	35 410	1 192 183	5
Zone B (origine)	22 351	959 637	3

Les éléments suivants ont été recueillis ou estimés :

- Infection par *B. abortus* : pérenne ;
- Respect du contrôle sérologique brucellique à l'achat en zone A : 90 p. cent ;
- Sensibilité individuelle de la sérologie brucellique : 0,85 à 0,90 ;
- Taux d'infection des animaux au sein des troupeaux infectés : 5 à 50 p. cent.

La zone A accepterait une probabilité maximale d'introduction de la brucellose de 1 p. mille.

La zone A souhaite introduire de 500 à 800 bovins (tous âges confondus) en provenance de la zone B.

Les questions posées sont :

- 1 Quelle est la probabilité pour qu'un bovin en provenance de la zone B soit infecté lors de son introduction dans la zone A ?
- 2 Quelle est la probabilité pour qu'au moins l'un des bovins dont l'introduction dans la zone A est envisagée soit infecté ? Cette probabilité est-elle acceptable par la zone A ? Quel nombre maximal de bovins la zone A pourrait-elle accepter d'introduire ?

- 3 Quelle est la probabilité pour qu'au moins un animal infecté de brucellose soit introduit dans un élevage de la zone A après l'introduction des bovins en provenance de la zone B ? Cette probabilité est-elle acceptable par la zone A ? »

Nous utilisons le logiciel @Risk (version 4.05, Palisade Corporation, Newfield, NY, USA).

@RISK est le compagnon d'analyse de risque et de simulation des tableurs Microsoft Excel® et Lotus® 1-2-3.

De manière générale, l'approche consiste en quatre étapes :

- 1 **Écriture d'un modèle** : Le problème ou la situation doit d'abord être défini sous forme de feuille de calcul Excel ou Lotus 1-2-3.
- 2 **Identification de l'incertitude** : On identifie ensuite les données incertaines ou variables du modèle, et on les représente par des plages de valeurs définies par les fonctions de distribution de probabilités @RISK. On identifie aussi le résultat ou la sortie du modèle à analyser.
- 3 **Analyse du modèle avec simulation** : La simulation détermine ensuite la plage et les probabilités de tous les résultats possibles pour les sorties identifiées à l'étape précédente.

4 **Prise de décision** : Les résultats de l'analyse facilitent la prise de décision, compte tenu des préférences personnelles du décideur.

D'autres logiciels du même type (Add sur Excel® ou Lotus 1-2-3®) comme Crystal-Bal

ou des logiciels plus généraux avec langage de programmation comme S-plus®, SAS® ou Matlab® peuvent être utilisés.

II - ÉCRITURE DU MODELE

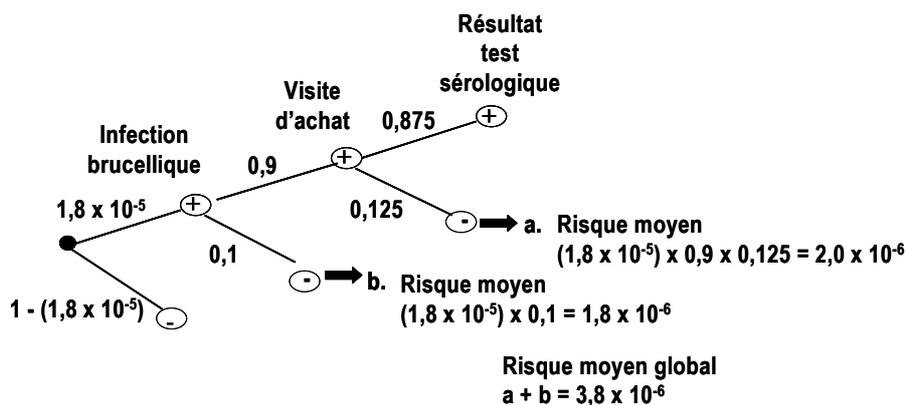
La première étape consiste en l'élaboration d'un modèle de feuille de calcul représentant le problème considéré. L'utilisation d'un tableur comme Excel présente l'avantage de développer des modèles plus ou moins complexes sans recours à un langage de programmation. Les différents paramètres du modèle sont stockés dans des cellules et les

liens entre eux sont définis grâce à des fonctions de différentes catégories : arithmétiques, logiques, statistiques, etc. déjà programmées dans Excel.

L'objectif de cette étape est de traduire l'arbre de probabilité (figure 1) sous forme de feuille ou tableau de calcul.

FIGURE 1

Arbre de probabilité correspondant à la probabilité moyenne qu'un animal importé et introduit dans un élevage du pays A soit infecté



La figure 2 présente les différentes étapes du calcul permettant d'obtenir le risque d'introduction d'au moins un animal infecté dans le pays A en prenant les valeurs moyennes des paramètres du modèle. La colonne A (figure 2) donne les libellés des étapes de calcul, la colonne B les valeurs ou les résultats des calculs et la colonne C fait apparaître les formules utilisées dans les cellules de la colonne B. Les noms des cellules utilisées dans les formules sont composés par la lettre de la colonne et le numéro de la ligne. Exemple : la valeur de la taille de l'élevage qui se trouve dans la cellule B4 est obtenue en divisant le nombre total des animaux (B3) par le nombre des élevages (B2).

Les symboles des opérations arithmétiques comme l'addition, la soustraction, la multiplication et la puissance sont respectivement : +, -, * et ^.

On peut observer une légère différence entre les résultats obtenus dans la figure 1 et dans Excel (figure 2) : le risque moyen global (figure 1) est égal à 3,8 10⁻⁵ alors que le calcul sur Excel donne 3,92 10⁻⁵. Cette différence est due aux arrondis utilisés dans la présentation de la figure 1. Il est conseillé de ne pas faire d'arrondi dans les calculs intermédiaires.

L'utilisation d'un tableur comme Excel évite de refaire les calculs lorsqu'on veut modifier les paramètres du modèle. En effet, si l'on cherche à calculer le risque maximal il suffit

tout simplement de modifier les valeurs des cellules B5, B9 et B11 et le calcul est fait automatiquement (figure 3).

FIGURE 2

Feuille de calcul Excel permettant de calculer la probabilité moyenne qu'au moins un animal importé et introduit dans un élevage du pays A soit infecté

	A	B	C	D
1	Nombre de foyers	3		
2	Nombre d'élevages	22351		
3	Nombre d'animaux	959637		
4	Taille d'élevage	43	=B3/B2	
5	Prévalence intra élevage	0.275		
6	durée moyenne de non détection	0.5		
7	Prévalence instantanée	17.71	=B1*B4*B5*B6	
8	Taux de prévalence instantanée	1.85E-05	=B7/959637	
9	Nombre d'animaux importés	650		
10	risque d'introduire au moins un animal infecté	0.01192		
11	Sensibilité du test	0.875		
12	Respect de la réglementation (visite d'achat)	90%		
13	Probabilité que le test soit négatif (branche a)	2.08E-06	=B8*B13*(1-B12)	
14	Probabilité d'introduire un animal infecté sans test (branche b)	1.85E-06	=B8*(1-B13)	
15	Probabilité d'introduire un animal infecté (a+b)	3.92E-06	=B14+B15	
16	risque d'introduire au moins un animal infecté en tenant compte des visites d'achat	2.55E-03	=1-(1-B16)^B9	
17				

FIGURE 3

Feuille de calcul Excel permettant de calculer la probabilité maximale qu'au moins un animal importé et introduit dans un élevage du pays A soit infecté

	A	B	C	D
1	Nombre de foyers	3		
2	Nombre d'élevages	22351		
3	Nombre d'animaux	959637		
4	Taille d'élevage	43	=B3/B2	
5	Prévalence intra élevage	0.500		
6	durée moyenne de non détection	0.5		
7	Prévalence instantanée	32.20	=B1*B4*B5*B6	
8	Taux de prévalence instantanée	3.36E-05	=B7/959637	
9	Nombre d'animaux importés	800		
10	risque d'introduire au moins un animal infecté	0.02649		
11	Sensibilité du test	0.850		
12	Respect de la réglementation (visite d'achat)	90%		
13	Probabilité que le test soit négatif (branche a)	4.53E-06	=B8*B13*(1-B12)	
14	Probabilité d'introduire un animal infecté sans test (branche b)	3.36E-06	=B8*(1-B13)	
15	Probabilité d'introduire un animal infecté (a+b)	7.89E-06	=B14+B15	
16	risque d'introduire au moins un animal infecté en tenant compte des visites d'achat	6.29E-03	=1-(1-B16)^B9	
17				

III - IDENTIFICATION DE L'INCERTITUDE

Après avoir écrit le modèle déterministe, il convient de représenter l'incertitude. Les données disponibles : incidence de la maladie, prévalence intra élevage, nombre d'animaux importés, etc. sont rarement complètes et parfois variables. En représentant la plage de valeurs possibles par des fonctions de distribution de probabilités, @RISK permet de tenir compte de ce facteur d'incertitude ou de variabilité. Il suffit de sélectionner une cellule dont la valeur est incertaine ou variable et de remplacer cette valeur par une des distributions de probabilité disponibles dans @RISK. @Risk propose plus de 30 distributions de probabilités. Le choix d'une distribution dépend de la nature de la variable, continue ou discrète, et des données disponibles.

Ainsi, pour une estimation de la prévalence intra-élevage dont la valeur la plus probable est 10% mais qui ne peut être inférieure à 5% ou supérieure à 50%, l'incertitude peut être

représentée par une distribution triangulaire, à travers la fonction **RiskTriang**(0,05 ; 0,10 ; 0,50). Les fonctions @RISK deviennent de véritables fonctions Excel ou 1-2-3, exploitables dans d'autres arguments de fonction ou références de cellule, pour une souplesse de modélisation maximale.

Avec @RISK 4.0 pour Excel, l'entrée des fonctions de probabilité est très simple. Il suffit de taper la fonction comme s'il s'agissait d'une fonction Excel, de faire appel à l'outil Excel Coller une fonction, ou de définir graphiquement les distributions de probabilités dans la fenêtre @RISK Define Distribution (figure 4).

Dans cet exemple, nous avons choisi de tenir compte de l'incertitude sur quatre paramètres : nombre de foyers, prévalence intra-élevage, nombre d'animaux infectés et sensibilité du test. Les distributions sont présentées dans la figure 5.

FIGURE 4

Définir graphiquement les distributions de probabilités dans la fenêtre @RISK « Define Distribution » : incertitude sur la prévalence intra élevage, cellule B5 de la feuille de calcul d'Excel

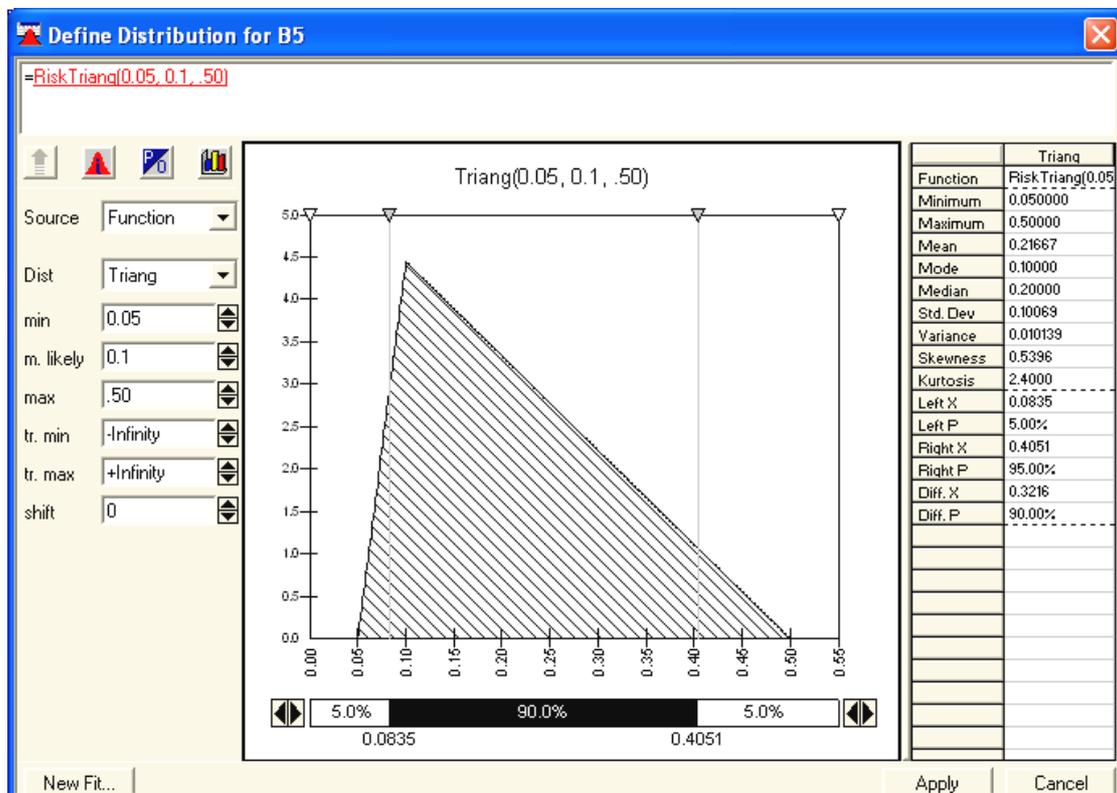
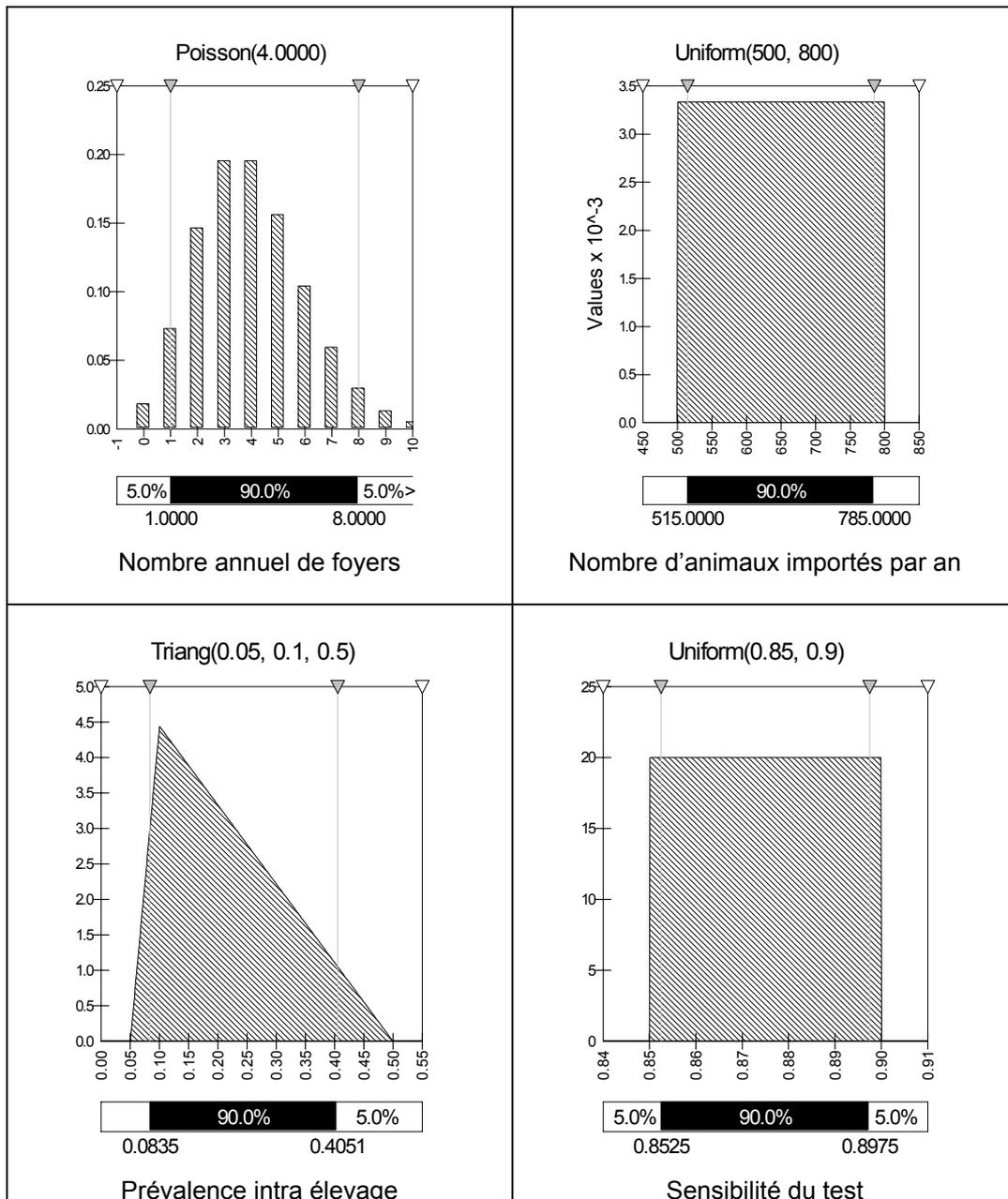


FIGURE 5

Distributions des incertitudes sur les paramètres du modèle



Le nombre de foyers est considéré suivre une loi de Poisson de paramètre 3+1 (nombre de foyers annuels dans la zone A + 1). Nous supposons ici que le nombre de foyers est variable et que les observations des années précédentes permettent d'estimer la moyenne de la distribution. Le choix d'une distribution de Poisson sous entend que la situation épidémiologique est stationnaire et que les fluctuations d'une année à l'autre sont le simple fruit du hasard sans tendance à la réduction ou à l'augmentation du nombre des foyers au cours du temps.

Pour la prévalence intra-élevage, l'incertitude peut être représentée par une distribution triangulaire (0,05 ; 0,10 ; 0,50).

Pour le nombre d'animaux importés et la sensibilité du test nous avons décidé d'utiliser une loi uniforme. Ce choix est justifié par le manque d'information sur la variabilité de ces deux paramètres.

Une fois entrées les fonctions de distribution, il reste à sélectionner la ou les cellules de résultat, dont on désire évaluer les valeurs (risque d'introduire au moins un animal infecté avec prise en compte ou pas des visites d'achat : B10 et B16) et de cliquer sur le

bouton Add Output (ajout de sortie) de la barre d'outils @RISK. La fonction **RiskOutput** s'ajoute à la cellule choisie.

La figure 6 présente la feuille du calcul modifié et les formules permettant de définir les distributions.

Les valeurs des cellules B1, B5, B9 et B11 sont différentes des valeurs extrêmes ou moyennes. Il s'agit dans ce cas précis d'un scénario particulier où les valeurs ont été tirées au sort des distributions définies dans @RISK. Dans le langage d'@Risk on parle d'une « itération » (en français : répétition).

FIGURE 6

Feuille de calcul Excel permettant de calculer la probabilité qu'au moins un animal importé et introduit dans un élevage du pays A soit infecté en tenant compte de l'incertitude sur les paramètres

	A	B	C	D
1	Nombre de foyers	7	=RiskPoisson(3+1)	
2	Nombre d'élevages	22351		
3	Nombre d'animaux	959637		
4	Taille d'élevage	43	=B3/B2	
5	Prévalence intra élevage	0.224	=RiskTriang(0.05;0.1; 0.5)	
6	durée moyenne de non détection	0.5		
7	Prévalence instantanée	33.61	=B1*B4*B5*B6	
8	Taux de prévalence instantanée	3.50E-05	=B7/959637	
9	Nombre d'animaux importés	770.71864	=ENT(RiskUniform(500; 800))	
10	risque d'introduire au moins un animal infecté	0.02664	=RiskOutput() + 1-(1-B8)^B9	
11	Sensibilité du test	0.866	=RiskUniform(0.85;0.9)	
12	Respect de la réglementation (visite d'achat)	90%		
13	Probabilité que le test soit négatif (branche a)	4.23E-06	=B8*B13*(1-B12)	
14	Probabilité d'introduire un animal infecté sans test (branche b)	3.50E-06	=B8*(1-B13)	
15	Probabilité d'introduire un animal infecté (a+b)	7.73E-06	=B14+B15	
16	risque d'introduire au moins un animal infecté en tenant compte des visites d'achat	5.94E-03	=RiskOutput() + 1-(1-B15)^B9	

IV - ANALYSE DU MODELE PAR SIMULATION

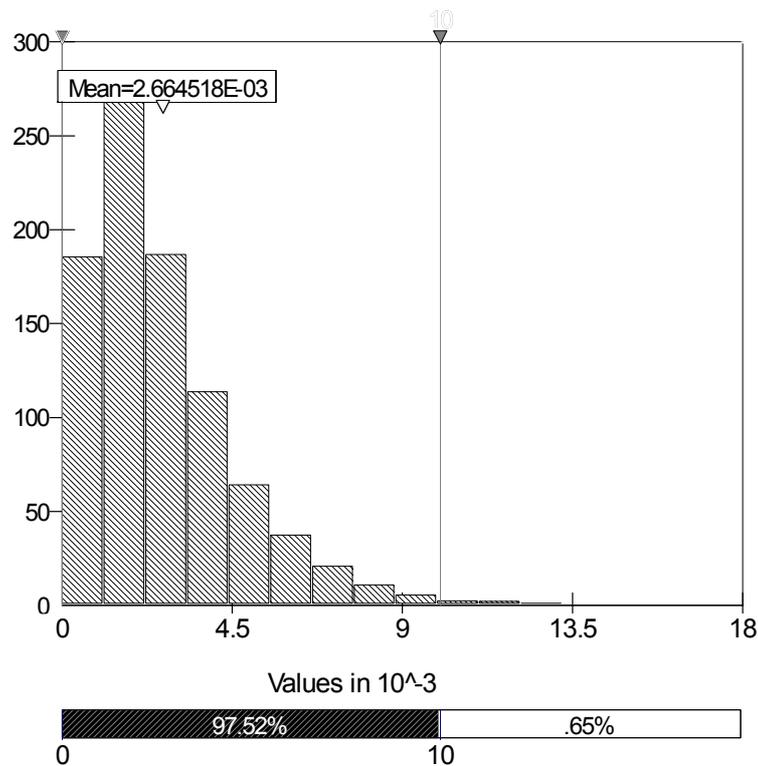
Après avoir défini les incertitudes et les sorties du modèle (output), on lance la simulation qui va déterminer la plage et les probabilités de tous les résultats possibles. Une simulation est un ensemble de répétitions de calculs effectués à partir de la feuille présentée dans la figure 6. A chaque répétition, @Risk va tirer au sort une série de paramètres et stockera le résultat dans un tableau nommé « outputs » (sorties).

Nous présenterons les résultats obtenus après 10 000 itérations (figure 7). Le résultat de l'approche probabiliste ou stochastique utilisant la méthode de simulation de Monte-Carlo n'est pas une valeur singulière mais une série de valeurs. Les résultats sont présentés sous forme d'un histogramme (figure 7). Nous

constatons que le risque moyen est de $2,66 \cdot 10^{-3}$ et que la probabilité de dépasser un risque de 1% est 0,65% (figure 7). Un risque de 1% peut paraître très élevé. On peut proposer une autre expression du risque plus raisonnable : l'inverse (1/x) du risque. Un risque de 1% correspond ainsi à une durée moyenne de 100 ans séparant deux introductions de la maladie.

Le logiciel @Risk permet également de calculer la probabilité que le risque soit supérieur ou inférieur à une valeur de référence quelconque (risque acceptable par exemple). Dans notre exemple on observe un risque inférieur à 1 pour mille (introduction de la maladie tous les 1000 ans) dans 17,8% des cas.

FIGURE 7

**Distribution du risque d'introduction de la brucellose dans la zone A
(sortie = cellule B16)**

@Risk permet également d'étudier l'influence des incertitudes sur la variabilité des résultats : analyse de sensibilité. Cette analyse consiste à quantifier l'influence de la variabilité d'un paramètre sur celle du résultat. La figure 8 présente une des méthodes possibles : coefficient de corrélation entre chacune des variables d'entrée et la variable de sortie. Généralement, on préfère l'utilisation du coefficient de corrélation de Spearman car il ne nécessite pas l'hypothèse de normalité des variables. Lorsque le coefficient de corrélation de Spearman est proche de 1 ou de -1, l'influence de la variable est très importante sur le résultat du modèle.

Dans notre exemple, la variabilité du risque d'introduction de la maladie dépend essentiellement de celle du nombre de foyers et de la prévalence intra-élevage. Les incertitudes sur le nombre d'animaux importés et la sensibilité du test ont moins d'influence sur le risque d'introduction de la maladie.

Ce résultat permet ainsi de proposer une mesure de gestion de risque ou des études destinées à améliorer la qualité des données nécessaires.

Ceci suggère d'améliorer nos connaissances sur la prévalence intra-élevage. L'intervalle de variabilité de la prévalence intra-élevage peut être amélioré grâce à des études supplémentaires ou des informations qualitatives comme par exemple l'origine des animaux destinés à l'exportation (élevages mieux surveillés). Le calcul peut être refait par exemple en modifiant la distribution de la prévalence intra élevage : RiskTriang(0,05 ; 0,10 ; 0,20) au lieu de RiskTriang(0,05 ; 0,10 ; 0,50).

La figure 9 montre le résultat obtenu, à savoir une diminution de la moyenne du risque d'introduction de la maladie et de sa dispersion.

FIGURE 8
Analyse de sensibilité

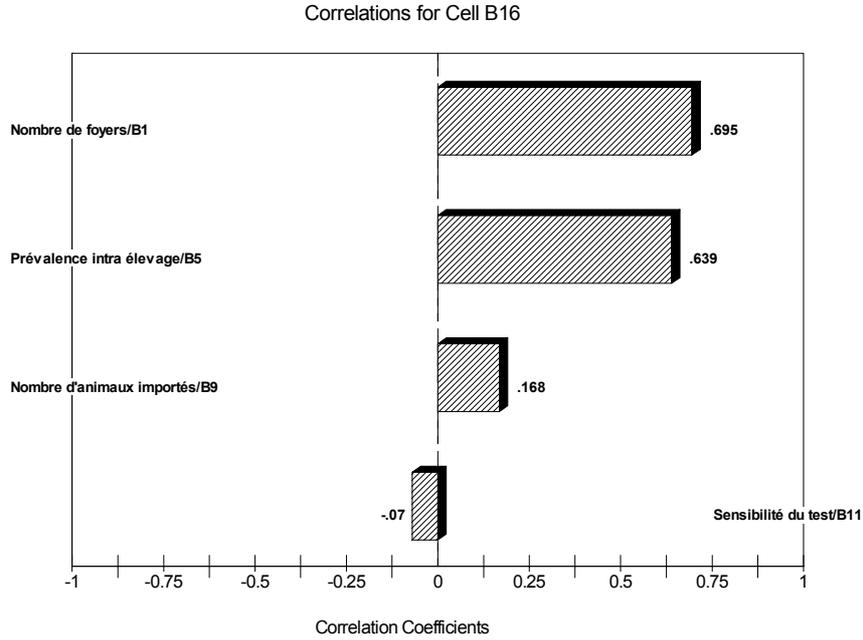
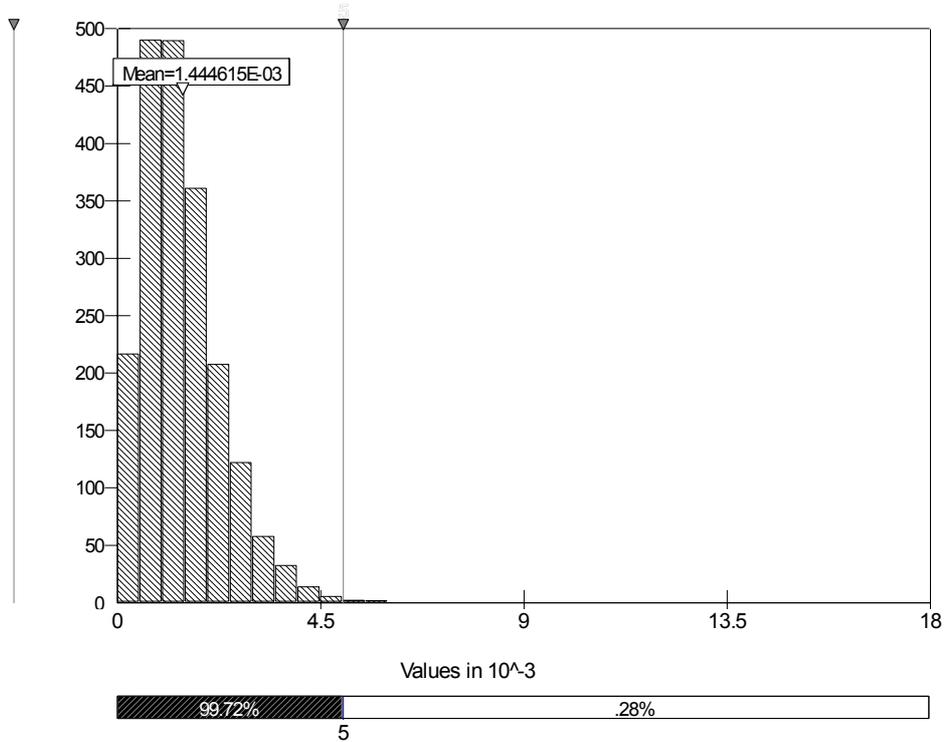


FIGURE 9
Distribution du risque d'introduction de la brucellose dans la zone A (sortie = cellule B16), après modification de la distribution de la prévalence intra-élevage



V - PRISE DE DECISION

Dans la mesure où la probabilité maximale acceptée par les autorités sanitaires de la zone A serait de 1 pour mille, l'importation d'animaux en provenance de la zone B serait refusée. En effet, le calcul montre que dans seulement 17,8% des cas ce risque pourrait être inférieur à 1 pour mille (figure 7). Contrairement à l'approche déterministe on ne répond pas directement à la question : le risque est-il acceptable ? Mais compte tenu de l'incertitude sur les données disponibles, on donne une probabilité que le risque soit inférieur ou supérieur au risque acceptable. L'analyse de sensibilité montre qu'une

meilleure estimation de la prévalence intra-élevage permettrait de faciliter la décision. La figure 9 montre l'influence de la modification de la distribution de la prévalence intra-élevage sur la distribution du risque. La probabilité de dépasser un risque de 5 pour mille est de 0,28%. C'est-à-dire que l'on a moins d'un pour cent de malchance de dépasser le risque d'introduction de la maladie tous les deux siècles (1000/5). Dans ces conditions, même si le risque acceptable est dépassé, la décision peut être prise en faveur de l'autorisation d'importation en soulignant l'importance de la sélection des élevages exportateurs.

VI - RESULTATS COMPARES

DES DEMARCHES DETERMINISTE ET PROBABILISTE

Le même exemple de la brucellose bovine a été utilisé pour illustrer l'emploi de la démarche déterministe (cf. p. 83-92) et celui de la démarche probabiliste avec simulation par la méthode de Monte-Carlo (cet article).

Les résultats obtenus par ces deux approches, pour le risque d'introduction de la brucellose dans le pays A, sont indiqués dans le tableau II. On constate sur ce tableau que les résultats obtenus par ces deux démarches ne sont pas très différents. Ainsi, la probabilité moyenne

d'introduction de la brucellose dans le pays A a été estimée à $2,55 \cdot 10^{-3}$ avec la démarche déterministe et le 75^{ème} percentile pour la démarche probabiliste correspond à une probabilité de $3,14 \cdot 10^{-3}$.

De même, la probabilité avec les valeurs extrêmes dans la démarche déterministe est de $6,29 \cdot 10^{-3}$ et le 95^{ème} percentile pour la démarche probabiliste est de $6,24 \cdot 10^{-3}$.

TABLEAU II

Comparaison des résultats obtenus lors de l'estimation du risque d'introduction de la brucellose par la méthode déterministe et la méthode probabiliste

	Démarche déterministe		Démarche probabiliste	
	Calcul utilisant les valeurs moyennes	Calcul utilisant les valeurs extrêmes*	Calcul utilisant la méthode de simulation de Monte-Carlo	
Risque d'introduction de la brucellose dans le pays A	$2,55 \cdot 10^{-3}$	$6,29 \cdot 10^{-3}$	Minimum	0
			Maximum**	$2,15 \cdot 10^{-2}$
			75 ^{ème} percentile	$3,14 \cdot 10^{-2}$
			90 ^{ème} percentile	$4,92 \cdot 10^{-2}$
			95 ^{ème} percentile	$6,24 \cdot 10^{-2}$
			99 ^{ème} percentile	$1,36 \cdot 10^{-2}$

* Le calcul n'intègre pas la variabilité de l'incidence. Elle est considérée fixe et égale à trois foyers par an. Ce qui explique la différence entre le risque calculé avec les valeurs extrêmes et le maximum obtenu avec la simulation de Monte-Carlo (**)

VII - CONCLUSION

L'exemple utilisé dans cet article peut être traité avec un modèle plus compliqué prenant en compte d'autres facteurs. Nous avons simplifié le modèle afin de mieux présenter l'intérêt des méthodes de simulation.

Les principaux avantages de l'approche par simulation sont :

- la prise en compte de l'incertitude sur les paramètres du modèle ;
- d'éviter de travailler sur les cas extrêmes (worst case) qui sont par définition peu probables, voire impossibles ;
- de mesurer et décrire l'influence de l'incertitude d'un paramètre sur le risque.

Cependant, cette approche est plus difficile à mettre en œuvre car elle nécessite des données supplémentaires et une bonne connaissance des lois de distribution de probabilité. La présentation des résultats est un peu déroutante pour les non initiés. La réponse à la question de dépassement du risque acceptable, lorsqu'il existe, n'est pas catégorique (oui/non) mais assortie d'une probabilité. On admet l'hypothèse que le risque acceptable peut être dépassé, et la décision sera prise en fonction de la valeur de probabilité de dépassement du risque acceptable.

BIBLIOGRAPHIE

Toma B., Dufour B., Sanaa M., Bénét J.J., Shaw A., Moutou F. et Louza A. ~ Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures, AEEMA éd., 2^{ème} édition, 2001, 696 p.

Toma B., Pouillot R. et Sanaa M. ~ Appréciation quantitative du risque : exemple d'approche déterministe. *Epidémiol. santé anim.*, 2002, **41**, 83-92.

