



Conseil économique et social

Distr. générale
23 janvier 2017
Français
Original : anglais

Commission économique pour l'Europe

Comité directeur des capacités et des normes commerciales

Groupe de travail des normes de qualité des produits agricoles

Section spécialisée de la normalisation des plants de pomme de terre

Quarante-quatrième session

Genève, 29 mars (après-midi)-31 mars 2017

Point 4 de l'ordre du jour provisoire

Taille de l'échantillonnage

Taille de l'échantillonnage

Le document ci-après contient de nouvelles propositions d'amendement de l'annexe IX de la norme CEE-ONU pour les plants de pomme de terre. Il a été établi par le Groupe de travail, le rapporteur principal étant un représentant de la Nouvelle-Zélande. Les annexes du présent document se composent de notes statistiques ainsi que des propositions examinées lors des réunions des Rapporteurs à Oulu, Finlande (2015) et Kimberley, Afrique du Sud (2016) en tant que documents d'information. Le texte du présent document est soumis à la Section spécialisée pour examen et adoption.

GE.17-00713 (F) 020217 140217



* 1 7 0 0 7 1 3 *

Merci de recycler



I. Taille de l'échantillonnage

A. Le contexte

Les délégations présentes à la quarante-deuxième session de la Section spécialisée de la normalisation des plants de pomme de terre (Genève, 13-15 octobre 2014) sont convenues qu'il serait utile que la norme comporte des indications (un tableau indicatif, par exemple) sur la taille de l'échantillon de nature à garantir les niveaux de confiance souhaités pour les défauts ayant des degrés de tolérance différents. La Section spécialisée a créé un groupe de travail, composé des délégations des États-Unis, de la Finlande, de la Nouvelle-Zélande (Rapporteur) et de la Suède qui proposera, à la prochaine réunion du Bureau élargi et des Rapporteurs, des modifications à apporter à la norme en ce qui concerne la taille des échantillons destinés à l'inspection sur pied et aux analyses après récolte.

Le Groupe de travail a élaboré un document pour la réunion du Bureau et des Rapporteurs (8-11 septembre 2015, Oulu, Finlande), qui est reproduit à l'annexe II du présent document. Ayant examiné ce document, le Bureau et les Rapporteurs ont proposé les changements ci-après à l'annexe II B de la norme « Niveau et choix du moment de l'inspection ».

B. Texte proposé pour le niveau et le choix du moment de l'inspection

« Il est recommandé de procéder à deux inspections au minimum pendant la période de croissance. Les inspections devraient si possible démarrer au moment de la floraison ou peu de temps avant.

L'autorité désignée précise la procédure d'inspection. En général, cette procédure doit permettre à l'inspecteur d'effectuer une inspection aléatoire d'un échantillon représentatif.

Le nombre de plants inspectés devrait être suffisant pour garantir, avec un niveau de confiance approprié, que les tolérances indiquées à l'annexe II A ne sont pas dépassées. Le tableau YY de l'annexe IX donne des indications sur le nombre de plants aux fins d'échantillonnage et le nombre maximum autorisé de chaque défaut dans chaque échantillon en fonction de sa taille.

Le nombre de plants atteints de maladies indiquées à l'annexe II, section A, points 2 et 3, et de ceux qui ne sont pas conformes à la variété ou sont d'une autre variété (annexe II, sect. A, point 4) doit être indiqué séparément dans le rapport d'inspection sur pied, et dans chaque cas exprimé en pourcentage du nombre total de plants inspectés dans l'échantillon.

Si les symptômes de maladies indiquées à l'annexe II, section A 5, observés lors des inspections ou à tout autre moment sont confirmés par des diagnostics appropriés, la récolte sera rejetée.

À chaque inspection des cultures, l'inspecteur vérifie la pureté et l'identité de la variété. Il est recommandé d'inspecter la première génération tirée des plants prébase CT de pommes de terre à une cadence plus soutenue afin d'identifier les plants hors type. ».

Le Bureau et les Rapporteurs ont proposé de poursuivre ces travaux pour adopter, dans l'annexe IX, une approche statistique plus inclusive et, plus précisément, d'élargir la portée de cette annexe afin d'inclure les statistiques applicables aux inspections sur pied. Le participant de la Nouvelle-Zélande, qui est le Rapporteur pour cette question, est secondé par les États-Unis, la Finlande et le Royaume-Uni.

La question de la taille des échantillons et la nature du tableau à insérer dans l'annexe IX ont été débattues lors de réunions ultérieures (Kimberley, mars 2016 et Genève, septembre 2016). Les deux principales options proposées pour le tableau sont celles-ci :

1. Tolérances exprimées avec une limite de confiance – le nombre de plants à inspecter pour être certain, avec un niveau de confiance donné, que la tolérance n'a pas été dépassée.
2. Tolérances dans la limite supérieure d'un intervalle de confiance de 95 % pour la taille réelle de l'échantillon.

B. Examen des options

1. Tolérances exprimées avec une limite de confiance

Il s'agit de l'approche proposée à l'annexe II. Le tableau 1 ci-après indique la taille des échantillons requis pour chaque niveau de confiance. Comme le Bureau et les Rapporteurs de la réunion d'Oulu ont proposé l'application d'un « niveau de confiance approprié », le tableau donne plusieurs niveaux de confiance différents. On notera que la question de la tolérance zéro, qui suppose l'examen de tous les plants, a été résolue par la formulation proposée lors de la réunion d'Oulu : « Si les symptômes de maladies indiquées à l'annexe II, section A 5, observés lors des inspections ou à tout autre moment, sont confirmés par des diagnostics appropriés, la récolte sera rejetée. ».

Tableau 1

Taille minimale (arrondie) d'un échantillon (dont les plants examinés sont exempts de toute maladie) requise pour apporter la preuve statistique que le niveau véritable d'infection est inférieur au maximum spécifié, avec des niveaux de confiance de 90, de 95 et de 99 %

Niveau d'infection maximum spécifié	Taille minimale de l'échantillon (dont les plants examinés sont exempts de toute maladie) requise pour apporter la preuve statistique que le niveau véritable d'infection est inférieur au maximum spécifié, à des niveaux de confiance déterminés		
	90 %	95 %	99 %
0 %			
0,01 %	23 100	30 000	46 100
0,1 %	2 310	3 000	4 610
0,2 %	1 150	1 500	2 300
0,25 %	920	1 200	1 840
0,5 %	460	600	920
0,8 %	290	380	580
1 %	230	300	460
1,5 %	160	200	310
2 %	120	150	230
6 %	40	50	75

Pour toute culture donnée, le nombre minimum de plants à prendre en compte dans l'échantillon dépendra de la classe de la culture en question et des défauts recherchés. Ainsi, dans une culture certifiée classe II, la tolérance pour la jambe noire sera de 2 %, pour les virus de 6 % et pour les plants hors type de 0,5 %. Pour pouvoir se dire confiant à 95 % que la tolérance pour les plants hors type n'est pas dépassée, il faudra inspecter 600 plants, contre 50 plants seulement pour les virus. Comme un minimum de 600 plants doivent être

inspectés pour avoir l'assurance que la tolérance n'est pas dépassée pour les plants hors type, le nombre de plants infectés par un virus ou par la jambe noire dans cet échantillon de 600 plants sera ajusté pour donner un nombre limite d'acceptation.

Par exemple, si la taille de l'échantillon est de 1 000 plants, pour obtenir un niveau de confiance de 95 % de ce que le pourcentage d'infection réel dans un champ donné est ≤ 1 %, il ne peut pas y avoir plus de 4 cas de plants infectés ($\leq 0,4$ %). Ou encore, si la taille de l'échantillon est de 10 000 plants, pour obtenir un niveau de confiance de 95 % de ce que le pourcentage d'infection réel dans un champ donné est ≤ 1 %, il ne peut pas y avoir plus de 83 cas de plants infectés ($\leq 0,83$ %).

Pour des niveaux de confiance de 95 % et de 90 %, on obtient ce qui suit :

Tableau 2

Nombre limite d'acceptation pour un niveau de confiance de 95 % de non-dépassement de la tolérance

Pourcentage de tolérance	Taille réelle de l'échantillon									
	30 000	3 000	1 500	1 200	600	380	300	200	150	50
0,01	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,1		0	–	–	–	–	–	–	–	–
0,2			0	–	–	–	–	–	–	–
0,25				0	–	–	–	–	–	–
0,5					0	–	–	–	–	–
0,8						0	–	–	–	–
1							0	–	–	–
1,5								0	–	–
2									0	–
6										0

Tableau 3

Nombre limite d'acceptation pour un niveau de confiance de 90 % de non-dépassement de la tolérance

Pourcentage de tolérance	Taille réelle de l'échantillon									
	23 100	2 310	1 150	920	460	290	230	160	120	40
0,01	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,1		0	–	–	–	–	–	–	–	–
0,2			0	–	–	–	–	–	–	–
0,25				0	–	–	–	–	–	–
0,5					0	–	–	–	–	–
0,8						0	–	–	–	–
1							0	–	–	–
1,5								0	–	–
2									0	–
6										0

La réunion de Kimberley a montré qu'il existait un consensus général selon lequel la plupart des inspecteurs examinent 3 000 plants ou davantage (que ce soit par « balayage » ou par dénombrement réel. C'est suffisant pour garantir à 95 % le non-dépassement d'un niveau de tolérance de 0,1 % si aucun défaut n'est décelé. En revanche, ce n'est pas suffisant pour garantir à 95 % le non-dépassement d'un niveau de tolérance de 0,01 %. Cependant, la tolérance CEE-ONU de 0,01 % ne s'applique qu'aux classes prébase. Dans ce type de culture, le nombre total de plants est peu important, et la totalité des plants, pratiquement, seront inspectés – ce qui correspond à un recensement. En conséquence, une inspection portant sur 3 000 plants suffit pour toutes les autres classes de semences, ce qui s'accorde avec la pratique actuelle.

2. Tolérances dans la limite supérieure d'un intervalle de confiance de 95 % pour la taille réelle de l'échantillon

Selon cette approche, aucun niveau de confiance n'est précisé. Au lieu de cela, la limite supérieure de l'intervalle de confiance est calculée sur la base du nombre de plants faisant l'objet de l'échantillon et du nombre de défauts constatés. La limite supérieure de l'intervalle de confiance de 95 % est le pourcentage de défauts dont nous savons, avec une certitude de 95 %, qu'il n'excède pas le nombre effectif de défauts.

Ainsi, pour une tolérance de 0,1 %, il s'agirait d'un défaut sur un échantillon de 1 000 plants, ou de 3 défauts sur un échantillon de 3 000 plants. Toutefois, les défauts dans une culture ne sont pas équitablement répartis et, plus l'échantillon est petit, moins nous pouvons avoir confiance en l'exactitude du nombre de défauts présumés. Comme nous l'avons vu au tableau 1, si nous ne constatons pas de défauts dans un échantillon de 3 000 plants, nous pouvons être confiants à 95 % de ce que la tolérance de 0,1 % n'est pas dépassée. Mais si nous avons 3 défauts sur un échantillon de 3 000 plants, la limite supérieure de l'intervalle de confiance pour un niveau de tolérance de 0,1 % est en fait de 0,26 % (tableau 4). Si l'échantillon ne porte que sur 1 000 plants, la limite supérieure de l'intervalle de confiance est de 0,47 %.

Tableau 4

Limite supérieure de l'intervalle de confiance de 95 % (unilatéral) pour les tolérances applicables à différentes tailles d'échantillons et pour différents nombres de défauts constatés

<i>Tolérance requise (annexe XI)</i>	<i>Taille de l'échantillon inspecté (nombre effectif de plants inspectés)</i>	<i>Nombre de défauts constatés (admissibles du point de vue arithmétique)</i>	<i>Limite supérieure de l'intervalle de confiance de 95 % (pourcentage de défauts)</i>	<i>Nombre de défauts admissibles pour un niveau de confiance unilatéral d'au moins 95 % de non-dépassement de la tolérance</i>
0,50 %	1 000	5	1,05	1
	3 000	15	0,77	8
	6 000	30	0,68	20
0,40 %	1 000	4	0,91	0
	3 000	12	0,65	6
	6 000	24	0,56	15
0,20 %	1 000	2	0,63	N.A.
	3 000	6	0,39	1
	6 000	12	0,32	6

<i>Tolérance requise (annexe XI)</i>	<i>Taille de l'échantillon inspecté (nombre effectif de plants inspectés)</i>	<i>Nombre de défauts constatés (admissibles du point de vue arithmétique)</i>	<i>Limite supérieure de l'intervalle de confiance de 95 % (pourcentage de défauts)</i>	<i>Nombre de défauts admissibles pour un niveau de confiance unilatéral d'au moins 95 % de non-dépassement de la tolérance</i>
0,10 %	1 000	1	0,47	N.A.
	3 000	3	0,26	0
	6 000	6	0,20	1
0,05 %	1 000	0	0,30	N.A.
	3 000	1	0,16	N.A.
	6 000	3	0,13	0
	7 000	3	0,11	0
0,01 %	1 000	0	0,30	N.A.
	3 000	0	0,10	N.A.
	6 000	0	0,05	N.A.
	10 000	1	0,05	N.A.
	25 000	2	0,03	N.A.

Cela est utile soit lorsque l'autorité désignée ne précise pas la taille minimale de l'échantillon, soit lorsque la taille effective de l'échantillon est inférieure à ce qui est prescrit pour atteindre le niveau de confiance de 95 %. L'acheteur est mis en mesure de déterminer, sur la base du nombre de plants inspectés et du nombre de défauts constatés, la limite supérieure de l'intervalle de confiance. À partir de là, il dispose des éléments pour décider d'acheter le lot ou non.

Cette approche est comparable à celle qui est décrite dans le tableau 1 de l'annexe IX, à cette différence près qu'il s'agit là d'un intervalle de confiance bilatéral. Pour l'inspection sur pied, les limites supérieure et inférieure de l'intervalle de confiance de 95 % peuvent également être précisées.

C. Éléments à prendre en compte pour décider de la marche à suivre

La norme précise les tolérances en termes de défauts constatés dans différentes classes de plants de pomme de terre mais elle n'indique pas le niveau de confiance requis pour déterminer que les tolérances sont respectées. Ceci pourrait donner lieu à une différence d'interprétation de la norme de la part des autorités désignées et à des différences de qualité dans les plants de pomme de terre certifiés conformes à la norme CEE-ONU. Une autorité désignée pourrait inspecter 3 000 plants et trouver trois cas de jambe noire dans des plants base de classe II et les déclarer conformes à la norme (puisque cela correspond à un défaut sur un échantillon de 1 000 plants, soit 0,1 %). Le taux réel de défauts pourrait être de 0,26 % (limite supérieure de l'intervalle de confiance de 95 %, tableau 4). Une autre autorité pourrait inspecter 3 000 plants et rejeter la récolte après application de la limite supérieure de l'intervalle de confiance de 95 % avec une tolérance de 0,1 %, ce qui voudrait dire que l'échantillon inspecté ne doit présenter aucun défaut (tableau 1). Une autre autorité encore pourrait, dans les mêmes conditions, appliquer une limite de confiance de 90 %.

Un moyen d'y remédier serait d'appliquer une limite de confiance à respecter (par exemple 95 %), comme indiqué dans la section 2 ci-dessus. Cette façon de faire a l'avantage d'être à la fois transparente et simple. Les tableaux proposés (tableaux 2 et 3)

indiquent la taille des échantillons requise pour l'inspection et les nombres limites d'acceptation correspondant à une plus grande tolérance. L'inconvénient est que la limite d'un niveau de confiance de 95 % exige un échantillon de très grande taille, à savoir 30 000 plants, pour une tolérance de 0,01 % (plants prébase hors type).

Cependant, les plants prébase concernent généralement de petites superficies, où la totalité de la culture est susceptible d'être examinée, de sorte qu'une inspection portant sur 30 000 plants semble improbable dans cette classe. À un niveau de tolérance immédiatement inférieur, soit 0,1 %, l'inspection doit porter sur un échantillon de 3 000 plants. Un consensus s'est dégagé à la réunion de Kimberley pour estimer que l'inspection concernerait normalement un échantillon de 3 000 plants et que cela n'entraînerait donc pas un accroissement de la charge de travail des inspecteurs et des coûts de certification. Dans les classes de plants certifiés, le niveau de tolérance le plus bas est de 0,5 %, ce qui exige un échantillon portant sur 600 plants au minimum.

Une deuxième approche est celle qui consiste à orienter les acheteurs (ou les autorités désignées des pays importateurs) de telle façon qu'ils fixent une limite supérieure de l'intervalle de confiance de 95 % de tolérance effective sur la base du nombre de plants dans un échantillon et du nombre de défauts constatés. Par exemple, si l'échantillon porte sur 3 000 plants et que 3 défauts sont constatés, le pourcentage effectif de défauts peut atteindre jusqu'à 0,26 % (limite supérieure de l'intervalle de confiance de 95 %, tableau 4). Cette façon de procéder offre l'avantage de permettre aux autorités désignées d'adopter le plan d'échantillonnage qui leur convient, tout en donnant à l'acheteur la possibilité d'interpréter les résultats. L'inconvénient est que cela ne favorise pas la cohérence dans l'application de la norme CEE-ONU. Il y a aussi un autre inconvénient, à savoir que l'acheteur peut ne pas avoir accès à tous les détails de l'échantillonnage et des résultats de l'inspection, mais seulement au certificat, et ainsi ne pas être informé de l'intervalle de confiance.

Un autre inconvénient des intervalles de confiance tient à la nécessité d'établir de nombreux tableaux. Le tableau 4 donne uniquement le nombre de défauts – nombre admissible du point de vue arithmétique – par taille d'échantillon, et seul un nombre restreint de tailles d'échantillons est pris en compte. Pour être en mesure de calculer précisément la limite supérieure de l'intervalle de confiance, il faudrait avoir bien plus de tailles d'échantillons pour chaque niveau de tolérance et incorporer chaque fois des nombres de défauts différents.

Dans l'un et l'autre cas, il faut tenir compte de l'aspect pratique des inspections sur pied et de la sensibilité de détection des défauts. Les statistiques dont il est ici question présupposent que le caractère aléatoire des techniques d'inspection reste à un niveau raisonnable, ce qui peut ne pas toujours être le cas. Des inspections présentant un moindre caractère aléatoire plaident pour des tailles d'échantillons plus importantes.

Annexe I

I. Notes statistiques

Notes statistiques (23 mars 2015¹) sur :

- Les méthodes d'échantillonnage des cultures de pommes de terre pour la détection des maladies et/ou des plants hors type ;
- Les tailles d'échantillonnage requises pour être confiant que le pourcentage réel de maladies ou de plants hors type reste en-deçà d'un pourcentage déterminé.

A. Méthode d'échantillonnage d'un champ de pommes de terre

Dans le document du 5 août 2014 intitulé « Guide de la CEE sur les pratiques recommandées pour l'inspection sur pied des plants de pomme de terre », les figures 1 et 2 montrent les types d'échantillonnage possibles. La méthode de la figure 1 semble nettement préférable à celle de la figure 2.

Cette méthode peut être appliquée comme suit. Supposons par exemple un champ de pommes de terre de 200 rangs. On peut le diviser virtuellement en 10 sections de 20 rangs. Chaque section compterait ainsi 10 paires de rangs. La première paire serait parcourue (en inspectant les plants de chaque côté, c'est-à-dire les deux rangs) sur environ 1/10^e de sa longueur, après quoi l'inspecteur pourrait passer, en prenant la perpendiculaire, à la paire suivante de rangs et inspecter environ 1/10^e de sa longueur, et ainsi de suite. À la fin de la 10^e paire de rangs, 1/10^e de la section du champ aurait ainsi été échantillonné, le soin pris par l'inspecteur pour mesurer « environ 1/10^e de la longueur » d'un rang n'ayant que peu d'importance. Après répétition de cette routine pour les neuf autres sections du champ, 1/10^e des plants auraient ainsi été inspectés.

Le nombre de plants inspectés peut alors être calculé en divisant le nombre de plants total par 10.

Si l'on opte pour un échantillonnage moins dense, le champ de 200 rangs peut être divisé par exemple en 5 sections de 40 rangs. Cela supposerait 20 paires de rangs par section, et l'inspecteur examinerait environ 1/20^e de chaque rang avant de passer à la paire de rangs suivante.

Une inspection aléatoire peut s'y ajouter en fixant au hasard un point de départ donné. Il s'agirait pour ce faire de choisir un nombre entre 1 et 10, le nombre choisi déterminant le point de démarrage de l'inspection, soit donc dans la première paire, la deuxième paire ou une autre paire comprise entre 1 et 10. Cette façon de procéder décale effectivement le plan d'échantillonnage et offre donc 10 parcours d'inspection possibles.

Cette méthode présente l'avantage de pouvoir prendre des échantillons dans chaque rang de plants. Par conséquent, si un virus s'est propagé sur toute la longueur d'un rang donné, l'inspecteur devrait s'en rendre compte.

¹ Notes rédigées par Dave Saville, Principal Biometrician, Saville Statistical Consulting Limited, Box 69192, Lincoln, 7640, Nouvelle-Zélande ; (email : savillestat@gmail.com ; téléphone : 64-3-345 5799) ; sur la base d'informations fournies par Stephen Ogden et Champak Mehta, New Zealand Seed Potato Certification Authority ; Potatoes New Zealand Inc. ; P. O. Box 10232, Wellington, Nouvelle-Zélande.

On peut aisément l'adapter en optant pour une distribution différente du nombre de rangs dans un champ. Par exemple, si le champ compte 160 rangs, on peut le diviser virtuellement en 8 sections de 20 rangs, ou en 10 sections de 16 rangs.

Officiellement, il ne devrait pas être rendu compte de cas de maladies constatés dans des plants n'ayant pas fait l'objet de l'échantillonnage. Cependant, si une tolérance de 0 % a été fixée pour une maladie donnée, tout cas observé dans un champ donné vaudra dire que celui-ci est non conforme. Par conséquent, tout signe de maladie observé devra être consigné. S'il apparaît nécessaire de s'écarter des pratiques d'échantillonnage pour inclure également les cas constatés en dehors de l'échantillon, l'inspecteur pourra se munir d'un piquet de clôture électrique, ce qui lui permettra de marquer le point atteint dans l'échantillonnage et d'y revenir par la suite.

B. Preuve statistique du respect de la tolérance fixée pour un champ donné

Une tolérance de 0,1 % par exemple, pour le dépistage d'une maladie dans un champ, correspond à un cas de maladie sur 1 000 plants. Si 1 000 plants ont fait l'objet d'un échantillonnage séparé et si le taux réel d'atteinte est de 0,1 %, on applique une distribution binomiale avec un paramètre 0,001 (1 % de risque de maladie) pour déterminer la probabilité de trouver la maladie dans un plant. Il y a alors 37 % de chances qu'aucun cas de maladie ne soit décelé sur cet échantillon de 1 000 plants, 37 % de chances qu'un seul cas de maladie soit décelé, et 26 % de chances que le même échantillon contienne deux plants atteints ou davantage.

De même, si le pourcentage d'atteinte réel est légèrement supérieur à 0,1 %, il existe encore de bonnes chances de ne trouver aucun cas de maladie dans les 1 000 plants de l'échantillon. Par conséquent, procéder à un échantillonnage sur 1 000 plants et n'y déceler aucune maladie n'apporte AUCUNEMENT la preuve que le vrai niveau d'infection du champ atteint au plus 0,1 %.

Dans la section suivante, nous montrons que, pour obtenir un niveau de confiance de 95 % que le pourcentage réel d'infection dans un champ donné ne dépasse pas 0,1 %, il faut au minimum un échantillon de 3000 plants n'ayant révélé la présence d'aucune maladie.

C. Taille minimale d'échantillonnage requise à titre de preuve statistique

1. Calcul de formules

Si le pourcentage réel d'infection est exactement de 0,1 %, par exemple, la probabilité pour qu'un plant choisi au hasard ne soit PAS infecté est de 0,999 %. Par conséquent, la probabilité selon laquelle « x » plants sélectionnés indépendamment et de façon aléatoire soient TOUS exempts de maladies est de $0,999^x$ (0,999 puissance x).

À présent, il nous appartient de trouver la valeur de « x », pour laquelle $0,999^x$ correspond à 0,05 %.

Pour les tailles d'échantillon $> x$, en effet, nous aurions une probabilité $p < 0,05$ de constater AUCUNE maladie dans aucun des plants de l'échantillon (pour autant que le pourcentage réel d'infection soit exactement de 0,1 %). Par conséquent, un tel résultat ne peut s'accorder, statistiquement parlant, avec l'idée selon laquelle « le pourcentage réel d'infection est exactement de 0,1 % » (ou davantage). Autrement dit, nous avons la preuve statistique que « le pourcentage réel d'infection est inférieur à 0,1 % ». Nous pouvons donc être « confiant à 95 % » que le « pourcentage réel d'infection est inférieur à 0,1 % ».

Pour résoudre l'équation $0,999^x = 0,05$

Les logarithmes (toute base)
des deux côtés, nous donnent $\log[0,999^x] = \log[0,05]$

que l'on peut simplifier comme suit $x \log[0,999] = \log[0,05]$

d'où $x = \log[0,05] / \log[0,999]$

ou encore : $x = \log[1 - 0,95] / \log[1 - 0,001]$

où 0,95 s'entend comme un niveau de confiance de 95 % et où 0,001 est le pourcentage admissible maximal de plants infectés (ou hors type).

Le résultat, x, est la taille minimale d'échantillon requise pour apporter la preuve, avec 95 % de certitude, que le pourcentage réel de plants infectés est inférieur ou égal à 0,1 %. Cette preuve ne vaut toutefois que s'il n'a été trouvé AUCUN plant infecté parmi les « x » plants de l'échantillon. Avec un échantillon de taille « x », même en présence d'un seul plant infecté, il ne peut être prouvé statistiquement que le pourcentage réel de plants infectés est inférieur ou égal à 0,1 %.

Bien évidemment, d'autres niveaux de confiance (90 % ou 99 % par exemple) peuvent se substituer aux 95 % de cette formule, et différents niveaux de tolérance autres que 0,1 % peuvent être appliqués. Les résultats sont donnés au tableau 5 (avec des valeurs « x » non arrondies) et au tableau 6 (avec des valeurs « x » arrondies).

Tableau 1

Taille minimale d'échantillon requise (avec le postulat AUCUNE maladie dans les plants de l'échantillon) pour apporter la preuve statistique que le niveau réel d'infection est inférieur au maximum fixé, pour des niveaux de confiance de 90, de 95 et de 99 %

Niveau maximal d'infection fixé	Taille minimale d'échantillon requise (avec le postulat AUCUNE maladie dans les plants de l'échantillon) pour apporter la preuve statistique que le niveau réel d'infection est inférieur au maximum fixé, pour différents niveaux de confiance		
	90 %	95 %	99 %
0 %			
0,01 %	23 025	29 956	46 049
0,1 %	2 301	2 994	4 603
0,2 %	1 150	1 496	2 300
0,25 %	02-	1 197	1 840
0,5 %	459	598	919
0,8 %	287	373	573
1%	229	298	458
1,5 %	152	198	305
2 %	114	148	228
6 %	37	48	74

Tableau 2

Taille minimale arrondie d'échantillon (avec le postulat AUCUNE maladie dans les plants de l'échantillon) requise pour apporter la preuve statistique que le niveau réel d'infection est inférieur au maximum fixé, pour des niveaux de confiance de 90, de 95 et de 99 %

Niveau maximal d'infection fixé	Taille minimale d'échantillon requise (avec le postulat AUCUNE maladie dans les plants de l'échantillon) pour apporter la preuve statistique que le niveau réel d'infection est inférieur au maximum fixé, pour différents niveaux de confiance		
	90 %	95 %	99 %
0 %			
0,01 %	23 100	30 000	46 100
0,1 %	2 310	3 000	4 610
0,2 %	1 150	1 500	2 300
0,25 %	920	1 200	1 840
0,5 %	460	600	920
0,8 %	290	380	580
1 %	230	300	460
1,5%	160	200	310
2 %	120	150	230
6 %	40	50	75

2. Tailles d'échantillon « supérieures au minimum »

Pour un niveau de confiance de 95 % de ce que le pourcentage réel d'infection dans un champ donné est ≤ 1 %, par exemple, et pour un échantillon de 300 plants ayant fait l'objet d'un échantillonnage indépendant, il faut qu'AUCUNE maladie n'ait été observée au sein dudit échantillon (tableau 6).

Dans un échantillon plus important, cependant, le nombre admissible de plants infectés peut être supérieur à zéro. Ainsi, si la taille de l'échantillon est de 1 000 plants, pour obtenir un niveau de confiance de 95 % que le pourcentage réel d'infection est ≤ 1 %, il ne faut pas que plus de 4 plants infectés ($\leq 0,4$ %) aient été constatés.

Dans un deuxième exemple, si la taille de l'échantillon est de 10 000 plants, pour obtenir un niveau de confiance de 95 % que le pourcentage réel d'infection est ≤ 1 %, il ne faut pas que plus de 83 plants infectés (ou $\leq 0,83$ %) aient été constatés.

3. Enquête ou recensement ?

Les calculs qui précèdent supposent un champ d'une superficie raisonnablement vaste; la précision statistique dépend alors du nombre – et non du pourcentage – de plants faisant l'objet de l'échantillonnage. Toutefois, si un champ ne compte par exemple que 450 plants, l'inspecteur peut tout à fait décider d'inspecter la totalité des plants, auquel cas les résultats seront réputés exacts et non sujets aux variations statistiques. Il s'agit alors d'un recensement.

4. Manque d'indépendance

Dans les calculs portant sur les tailles d'échantillons susmentionnées, l'indépendance de l'échantillonnage est un postulat de base. Si un inspecteur constate des plants infectés qui se suivent dans deux rangs adjacents, ce postulat ne vaut presque certainement plus. Cela veut dire que, selon toute vraisemblance, les tailles d'échantillon dont il est question sont nettement sous-estimées. Dans ce cas, des tailles d'échantillons plus importantes s'imposent.

Annexe II

I. Éléments d'appréciation – taille des échantillons (document de travail présenté à la réunion de 2015 du Bureau et des Rapporteurs (Oulu, Finlande))

À la quarante-deuxième session de la Section spécialisée de la normalisation des plants de pomme de terre (Genève, 13-15 octobre 2014), les participants sont convenus qu'il serait utile d'avoir, dans la norme, des lignes directrices (sous la forme d'un tableau indicatif) concernant la taille des échantillons, de manière à garantir un niveau de confiance approprié quant à la présence ou non de défauts, avec différents niveaux de tolérance. La Section spécialisée a créé un groupe de travail, composé des délégations des États-Unis, de la Finlande, de la Nouvelle-Zélande (rapporteur) et de la Suède qui proposeront, à la prochaine réunion du Bureau et des Rapporteurs, des modifications à apporter à la norme en ce qui concerne la taille des échantillons destinés à l'inspection sur pied et aux analyses après récolte.

A. Introduction

La norme (annexe II) fixe les tolérances concernant le niveau de défauts à ne pas dépasser. Elle ne précise cependant pas le nombre de plants à inspecter ni le niveau de confiance requis pour une taille d'échantillon donnée. Il en résulte que les autorités désignées se sont probablement dotées de leurs propres procédures d'échantillonnage et d'inspection, ce qui donne lieu à des niveaux de confiance variables face aux résultats de l'inspection. Les « Notes statistiques » contiennent davantage de détails à ce sujet.

Il semble en outre y avoir une contradiction dans la norme. L'annexe II A de la norme précise les « Conditions minimales auxquelles doit satisfaire la culture » *comme la proportion de plants* qui ne doit pas dépasser une tolérance spécifiée. Ainsi, la proportion de plants présentant des symptômes de virose ne doit pas dépasser 0,1 % dans la culture destinée à la production de plants de classe prébase.

Cependant, l'annexe II B contredit la section A. En effet, aux termes de la section B, « Le nombre de plants atteints de maladies indiquées dans la section A, sous 2 et 3, de l'annexe II et de ceux qui ne sont pas conformes à la variété ou qui sont d'une autre variété (annexe II, sect. A, sous 4) doit être indiqué à part dans le rapport d'inspection sur pied, et dans chaque cas *exprimé en pourcentage du nombre total de plants inspectés* ».

La section B donne à penser que si 3 000 plants sont inspectés et si 3 cas de maladie sont constatés la tolérance de 0,1 % n'est pas dépassée. À l'inverse, la section A affirme que la tolérance s'entend de *la tolérance pour la culture dans son ensemble*. Ceci ne s'accorde pas avec le concept du nombre admissible de défauts dans l'échantillon. En effet, si 3 000 plants sont inspectés dans une culture donnée et que la tolérance est fixée à 0,1 %, le nombre maximal admissible de défauts doit être zéro si l'on veut obtenir un niveau de confiance de 95 % que le niveau général de défauts dans la culture considérée ne dépasse pas 0,1 % – et non 3 sur 3 000 (soit 0,1 % de l'échantillon inspecté).

Cette précision est importante.

B. Considérations statistiques

Lorsque le niveau de tolérance est très bas, par exemple 0,01 %, il faut inspecter un nombre de plants bien plus important (30 000 pour un niveau de confiance de 95 %). Ce nombre peut varier légèrement en fonction du nombre de plants dans la culture, mais au-delà d'un certain nombre, cela ne fait plus aucune différence et il n'est donc pas utile d'en tenir compte ici.

Différentes cultures nécessitent différents niveaux de tolérance. Dans une culture certifiée de classe II, la tolérance pour la jambe noire est de 2 % ; elle est de 6 % pour les virus et de 0,5 % pour les plants hors type. Pour obtenir un niveau de confiance de 95 % que la tolérance pour les plants hors type n'est pas dépassée, il faut inspecter 600 plants, alors que 50 plants seulement devront avoir été inspectés pour déceler la présence de virus. Étant donné qu'un minimum de 600 plants devront être inspectés pour pouvoir vérifier que la tolérance de plants hors type n'est pas dépassée, le nombre de cas de virose ou de jambe noire dans un échantillon de 600 plants sera ajusté pour donner un nombre limite d'acceptation. Le présent document établit le nombre minimal de plants exempts de tout défaut dans un échantillon pour démontrer que la tolérance n'est pas dépassée. Un plus grand nombre de plants peuvent être inspectés, auquel cas on appliquera un nombre limite d'acceptation < 0 .

Le document donne les tailles minimales d'échantillons pour un niveau de confiance de 90, de 95 et de 99 % de non-dépassement des tolérances spécifiées dans la norme. En fonction du niveau de confiance retenu, on peut s'attendre que le pourcentage réel de défauts dans une culture dépasse la tolérance spécifiée toutes les 10, 20 ou 100 inspections respectivement.

La norme fixe une tolérance zéro pour plusieurs maladies. Ceci pose problème en ce sens que, pour s'assurer de l'absence de maladie dans une culture donnée, il faudrait inspecter chaque plant de celle-ci. Même en fixant une tolérance de 1 défaut sur 100 000 plants (plutôt que zéro), cela nécessiterait l'inspection de 300 000 plants pour obtenir un niveau de confiance de 95 %. Pour d'autres défauts, le nombre de plants à inspecter dépendra de la classe de semence, mais il sera nettement plus bas. L'inspection pourrait dans ce cas concerner entre 50 et 30 000 plants. Le niveau de confiance de déceler « zéro maladie » dans une culture, même pour un taux de 1 défaut sur 100 000 plants, est donc très faible (< 5 % si l'inspection porte sur 50 plants).

C. Considérations pratiques

Les classes auxquelles sont appliquées des tolérances très basses (par exemple 0,01 % pour les plants hors type en prébase) concernent habituellement des cultures de petite superficie. De ce fait, le très grand nombre de plants à inspecter pour obtenir un niveau de confiance de 95 ou de 99 % dépasserait normalement le nombre total de plants du champ concerné, de sorte que tous les plants devraient être inspectés. Dans la pratique, le nombre de plants inspectés dans un champ donné pour obtenir un niveau de confiance de 95 % du non-dépassement de la tolérance de 0,01 % ne serait pas de 30 000, mais bien du nombre réel de plants. Autrement dit, il s'agirait d'un nombre bien inférieur à 30 000. Pour des niveaux de tolérance plus élevés, le nombre de plants à inspecter serait faisable – il serait même peut-être excessivement bas.

D. Recommandations

Pour favoriser la normalisation des évaluations sur pied et après la récolte, la Section spécialisée est invitée à s'entendre sur un niveau de confiance approprié pour les inspections sur pied. Idéalement, le choix qu'elle fera devrait refléter les pratiques actuelles des autorités désignées.

Il est recommandé de modifier l'annexe II B de façon à confirmer que les tolérances spécifiées dans la norme correspondent à la proportion maximale admissible de défauts constatés dans la culture. Il conviendrait alors de reformuler comme suit le deuxième paragraphe du point 2 de la section B de l'annexe II :

L'autorité désignée précise la procédure d'inspection. En général, cette procédure doit permettre à l'inspecteur d'effectuer une inspection aléatoire d'un échantillon représentatif. Le nombre de plants inspectés devrait être suffisant pour garantir, avec un niveau de confiance XX %, que les tolérances indiquées à l'annexe II A ne sont pas dépassées. Le tableau YY de l'annexe IX donne des indications sur le nombre de plants aux fins d'échantillonnage et le nombre maximum autorisé de chaque défaut dans chaque échantillon en fonction de sa taille.

Le nombre de plants atteints de maladies indiquées à l'annexe II, section A, points 2 et 3, et de ceux qui ne sont pas conformes à la variété ou sont d'une autre variété (annexe II, sect. A, point 4) doit être indiqué séparément dans le rapport d'inspection sur pied, ~~et dans chaque cas exprimé en pourcentage du nombre total de plants inspectés dans la culture et rapporté au nombre limite d'acceptation pour chaque défaut repris dans le tableau YY pour la taille d'échantillon concernée.~~

XX % sera le niveau de confiance retenu, comme indiqué plus haut.

Le tableau YY sera élaboré si cette approche est acceptée par le Groupe de travail.

La section spécialisée devra également revoir sa position en ce qui concerne les maladies pour lesquelles la tolérance est de zéro. Il serait peut-être plus approprié de reformuler cette exigence en précisant qu'elle s'applique à l'échantillon d'inspection et aussi à toute autre partie de la culture parcourue par l'inspecteur (ce qui est conforme au Guide de l'inspection sur pied). Ce faisant, toutefois, il faut savoir que le niveau de confiance dans la détection de telles maladies sera très bas. Peut-être faudra-t-il déterminer un nombre minimal de plants à inspecter dans toute classe pour obtenir un niveau acceptable de confiance que des maladies pour lesquelles il existe une tolérance zéro ne seront pas constatées, et proposer un tableau de nombres limites d'acceptation de défauts pour des niveaux de tolérance plus élevés dans la même classe. L'annexe II B pourrait ainsi être modifiée par l'ajout d'un paragraphe, sur le modèle proposé plus haut :

L'échantillon d'inspection de toute autre partie d'une culture visitée par l'inspecteur au cours de ses inspections sur le terrain ne doit présenter aucun symptôme des maladies citées à l'annexe II A 5.

L'annexe IV précise que la taille des échantillons en ce qui concerne les évaluations visuelles effectuées après la récolte doit être de 100 tubercules. Atteindre un niveau de confiance de 95 % du non-dépassement des tolérances précisées dans l'annexe exigerait un échantillon de beaucoup plus grande taille (par exemple 0,01 % pour la classe prébase). Le tableau 1 de l'annexe IX le montre bien, puisqu'on voit que, pour une tolérance de 0,5 % (sans aucun défaut constaté), le nombre réel de défauts se situe entre 0 et 2,95 (l'intervalle de confiance). Autrement dit, le niveau de confiance, dans cet exemple, est de 39 %. Il est recommandé de revoir cette section de façon à refléter les limites de détection qu'impose un échantillon de 100 tubercules.