



HAL
open science

Etude du stock de semences de mauvaises herbes dans le sol : le problème de l'échantillonnage

Henriette H. Goyeau, Gilles Fablet

► To cite this version:

Henriette H. Goyeau, Gilles Fablet. Etude du stock de semences de mauvaises herbes dans le sol : le problème de l'échantillonnage. *Agronomie*, 1982, 2 (6), pp.545-552. hal-02725991

HAL Id: hal-02725991

<https://hal.inrae.fr/hal-02725991v1>

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etude du stock de semences de mauvaises herbes dans le sol : le problème de l'échantillonnage

Henriette GOYEAU & Gilles FABLET

I.N.R.A., Laboratoire de Botanique et Pathologie végétale, E.N.S.A., 65, rue de St-Brieuc, F 35042 Rennes Cedex.

RÉSUMÉ

*Mauvaises herbes,
Stock de semences,
Distribution agrégée,
Normalisation des
données,
Taille de l'échantillon.*

L'étude quantitative du stock de semences de mauvaises herbes dans le sol pose un problème de nombre de prélèvements de sol à faire. L'objet de ce travail est d'apporter des éléments de réponse à la difficile question de l'échantillonnage.

Des carottes de sol ont été prélevées selon un plan d'échantillonnage à 2 degrés (5×20 prélèvements par parcelle) pour 5 types de parcelles.

Le traitement individuel des prélèvements de sol (tamisage, mise en germination en serre pendant 2 mois, dénombrement des plantules levées, reprise des semences dormantes par flottation) permet d'établir 3 types de lois de distribution spatiales des populations de semences (la loi dépend de l'effectif de la population mais pas de l'espèce considérée) : distribution de Poisson, distribution agrégée, distribution normale.

Le calcul, fait séparément pour chaque espèce et dans chaque unité primaire de sondage, de la moyenne du nombre de semences et de son intervalle de confiance, permet de déterminer le nombre d'échantillons à prélever pour l'obtention d'une précision de 20 p. 100.

A partir de ces résultats, il est possible d'établir une relation entre n , nombre minimum d'échantillons à prélever, et la moyenne de l'effectif de la population que l'on veut échantillonner.

Ainsi on doit avoir $n > 100$ pour la plupart des espèces et pour une précision de 20 p. 100, ce qui est très difficile à réaliser en pratique.

Pour la même précision, $50 < n < 100$ convient si la loi de distribution est normale et si l'espèce est abondante (plus de 25×10^6 semences par hectare).

SUMMARY

*Weeds,
Buried seed bank,
Aggregated distribution,
Normalised data,
Number of sampling
units.*

Study of the buried weed seed bank : the sampling problem

Quantitative study of the buried weed seed bank involves the problem of the number of cores to be taken, and this article seeks to solve this sampling problem.

Soil cores were collected following a two-stage sampling (5×20 cores in each plot) for 5 types of plots. The cores were treated separately (sieving, germination in glasshouse for 2 months, seedling counts, recovery of dormant seeds by flotation), three types of spatial distribution laws could be established for seed populations, depending on the abundance of the species and not on the species itself ; Poisson distribution, aggregated distribution, normal distribution.

The mean number of seeds per core and its confidence interval (calculated separately for each species in each subplot) was used to determine the number of cores to be taken to achieve a precision $p = 0.05$.

From these results, a relation can be established between n , the minimum number of cores to be taken, and the mean number of the seed population to be sampled.

In fact, n must be > 100 for a majority of species to achieve a precision $p = 0.05$, which is very difficult to achieve in practice. For the same precision, $50 < n < 100$ is correct if the distribution law is normal and if the species is abundant (more than 25×10^6 seeds per hectare).

I. INTRODUCTION

Le stock de semences viables de mauvaises herbes dans le sol constitue la source principale de toute infestation potentielle d'une culture (BARRALIS & SALIN, 1973). Le danger représenté par cette flore potentielle dépend de nombreux facteurs (CHEPIL, 1946) : variabilité intraspéci-

que et interspécifique de la période de dormance, répartition de la germination au cours de la saison de végétation, longévité des semences, quantité de semences produites, mode de dissémination.

On conçoit ainsi l'importance pratique du stock de semences, en même temps que la complexité d'une étude qualitative et quantitative. En effet, comme le soulignent

MAJOR & PYOTT (1966), « une autre difficulté réside dans le fait que les semences sont agrégées en général autour des pieds mères (...). Les populations agrégées sont difficiles à échantillonner avec satisfaction, puisque les statistiques mathématiques exigent habituellement une distribution aléatoire des variables ».

De nombreux auteurs se sont intéressés à cette étude quantitative du stock de semences, mais le nombre et la taille des prélèvements sont très différents selon les auteurs (RABOTNOV, 1958). Pour toutes ces raisons, il nous est apparu important d'approfondir ce problème d'échantillonnage, à savoir rechercher les lois de distribution horizontale des semences dans le sol, puis en déduire la taille de l'échantillon nécessaire pour obtenir une précision donnée.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. Les prélèvements de sol

Les prélèvements de sol ont été faits sur le domaine expérimental I.N.R.A. du Rheu (Ille-et-Vilaine) sur 4 parcelles portant différents types de rotations ainsi que sur une prairie permanente à Chantepie (près de Rennes). Les caractéristiques des sols sont résumées dans le tableau 1.

On prélève, à l'aide d'une tarière, des carottes de sol de 5 cm de diamètre et de 30 cm de longueur environ.

TABLEAU 1

Caractérisation des sols des 5 parcelles d'étude.
Characterization of soils in the 5 plots studied.

Type de rotation	Texture de sol	Type de sol
Monoculture maïs fourrage sans lisier	Limoneux (60 à 80 p. 100 de limons)	Sol peu différencié en voie d'érosion et de lessi- vage, peu hydromorphe.
Monoculture maïs fourrage avec lisier	Limoneux (60 à 80 p. 100 de limons)	Sol peu différencié en voie d'érosion et de lessi- vage, peu hydromorphe.
Rotation fourragère triennale avec fumier	Limoneux (60 à 80 p. 100 de limons)	Sol lessivé, faiblement dégradé, peu hydromor- phe.
Rotation fourragère triennale sans fumier	Limoneux (60 à 80 p. 100 de limons)	Sol lessivé, faiblement dégradé, peu hydromor- phe.
Prairie permanente	Argilo-limo- neux	Sol brun lessivé (sol très différencié sur schiste) assez hydromorphe.

Un plan de sondage à 2 degrés dans chacune des 5 parcelles nous est imposé par la subdivision préexistante en sous-parcelles de 9 × 16 m. Pour une parcelle, à l'aide d'une table de nombres au hasard, on choisit 5 unités primaires (= 5 sous-parcelles, fig. 1). Dans chaque sous-parcelle, on prélève, selon un quadrillage systématique recommandé pour un sous-échantillonnage (COCHRAN, 1963, p. 230), 20 unités secondaires, c'est-à-dire 20 carottes de sol, ce qui fait donc 5 × 20 = 100 prélèvements par parcelle.

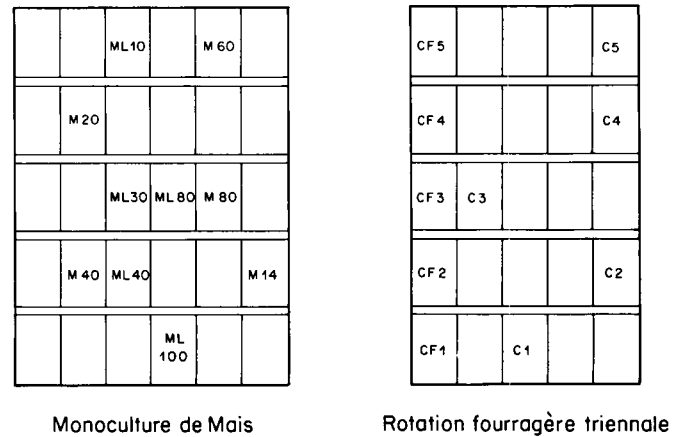


Figure 1

Schéma du plan d'échantillonnage pour les parcelles du Rheu. Les 5 sous-parcelles tirées au hasard sont indiquées :

Monoculture Maïs = M 20, M 40, M 80, M 60, M 14.

Monoculture Maïs + lisier = ML 10, ML 30, ML 40, ML 80, ML 100.

Rotation fourragère = C₁, C₂, C₃, C₄, C₅.

Rotation fourragère + fumier = CF₁, CF₂, CF₃, CF₄, CF₅.

Sampling survey for plots at « Le Rheu ». Five randomly chosen sub plots are indicated.

B. Traitement des prélèvements

Les carottes de sol sont traitées individuellement. Le sol passe, sous jet d'eau, successivement sur 2 tamis de maille 2 mm, puis 0,2 mm.

Une maille de 0,2 mm retient une grande majorité d'espèces (BARRALIS & CHADŒUF, 1980), en particulier 14 des espèces retenues ici (SALISBURY, 1961), cependant, nous n'avons pu obtenir d'indications sur la taille des semences de *Centunculus minimus*, espèce par ailleurs non recensée dans les relevés de flore antérieurs à nos prélèvements. La fraction de sol restant sur le tamis de 0,2 mm est mise en germination en serre, en couche d'épaisseur inférieure à 1 cm.

Le contenu du tamis 2 mm est vérifié, mais nous n'avons eu que très peu de semences de taille supérieure à 2 mm (en tout une dizaine d'individus de *Galium aparine*).

Les plantules qui lèvent sont identifiées, dénombrées et arrachées. Au bout de 2 mois, les semences non germées sont extraites par une méthode de flottation (MALONE, 1967) et mises en boîtes de Petri en présence d'acide gibbérellique (GA₃ 100 ppm), sous le régime de 12 h de jour à 25 °C/12 h de nuit à 15 °C.

Cette méthode ne s'est pas avérée satisfaisante car nous n'avons récupéré que très peu de semences dormantes. D'autre part, il est certain que ces conditions expérimentales précises ne permettent pas d'obtenir la germination de certaines espèces. Cependant, notre but reste davantage de travailler le problème d'échantillonnage sur un certain nombre d'espèces, plutôt que de dresser une liste exhaustive des espèces présentes et de leur abondance.

C. Traitement mathématique des données

Nous avons travaillé sur 15 des 58 espèces présentes dans nos prélèvements (tabl. 2). Ces espèces ont été choisies parce qu'elles décrivent la gamme d'effectifs obtenue. La distribution d'une population ne peut être décrite par une simple moyenne, il est nécessaire de l'assortir d'un intervalle de confiance ; or le calcul de l'intervalle de confiance

ne s'effectue classiquement que sur une population distribuée normalement. C'est pourquoi on s'intéresse tout d'abord à la loi de distribution des populations dans les parcelles élémentaires (on travaille donc sur un échantillon de 20 prélèvements).

Une répartition spatiale peut être uniforme, aléatoire ou contagieuse (agrégée).

Si s_x^2 est la variance et \bar{x} la moyenne,

- pour une répartition uniforme $s_x^2 = \epsilon$ avec $\epsilon \rightarrow 0$,
- pour une répartition aléatoire, lorsque la moyenne augmente on passe progressivement de la loi de Poisson à la loi normale.

Loi de Poisson : $\frac{s_x^2}{\bar{x}} = 1$ (variance = moyenne)

Loi normale : $s_x^2 = \text{constante}$ (variance indépendante de la moyenne),

- pour une répartition agrégée, $\frac{s_x^2}{\bar{x}} > 1$ (la variance croît plus vite que la moyenne).

1. Loi de distribution de Poisson

L'ajustement à une loi de Poisson est testée à l'aide d'un χ^2 de comparaison de la variance à la moyenne (SNEDECOR & COCHRAN, 1971).

L'intervalle de confiance est calculé à partir des formules suivantes, rappelées par MERNY & DEJARDIN (1970).

Pour une moyenne calculée sur n échantillons, à un seuil α la borne supérieure

$$b_s = \frac{1}{2n} \chi^2 \left(1 - \frac{\alpha}{2} \right) \cdot \text{avec } 2(x + 1) \text{ ddl}$$

où x est l'effectif total observé dans les n échantillons, la borne inférieure

$$b_i = \frac{1}{2n} \chi^2(\alpha/2) \text{ avec } 2x \text{ ddl.}$$

Toutes les variances très faibles observées se révélant être des variances de loi de Poisson ($s_x^2 = \bar{x}$), nous n'avons pas testé la distribution uniforme.

2. Loi de distribution normale

Pour l'adéquation à la loi normale, nous avons utilisé le test de Pearson pour deux raisons essentielles :

— il est sensible à la symétrie (coefficient β_1) et à l'aplatissement (coefficient β_2) des courbes et nous donne une idée de leur forme ;

— il est plus rapide à réaliser qu'un test de χ^2 ou de Kolmogoroff-Smirnov, ou bien que la méthode des droites de Henry.

La puissance de ce test n'est sans doute pas très bonne ici (nous ne travaillons que sur 20 données), mais le même problème se pose pour les autres tests.

3. La loi de distribution agrégée

Nous n'avons pas tenté d'ajustement à une loi particulière (par exemple binomiale négative) car notre objectif essentiel reste bien la définition d'une méthode d'échantillonnage. Or quelle que soit la loi de répartition de type agrégée, la normalisation des données (en vue du calcul de l'intervalle de confiance, puis du nombre n d'échantillons à prélever) se fait de la même manière.

a) Normalisation

Nous recherchons s'il existe une relation entre la variance et la moyenne. Si on obtient une loi puissance de TAYLOR de la forme $s_x^2 = a\bar{x}^b$, on peut normaliser les données à l'aide de la transformation suivante (TAYLOR, 1961) :

$$y = \sqrt{x + x_0} \text{ pour } b = 1$$

où x_0 est une constante

$$y = \text{Log}(x + x_0) \text{ pour } b = 2.$$

En utilisant tous nos résultats, soit 624 couples moyenne-variance (25 parcelles élémentaires \times 25 espèces en moyenne dans chaque parcelle), on obtient une régression géométrique $s_x^2 = 1,97(\bar{x})^{1,29}$ (fig. 2) avec un coefficient de régression $r = 0,971$.

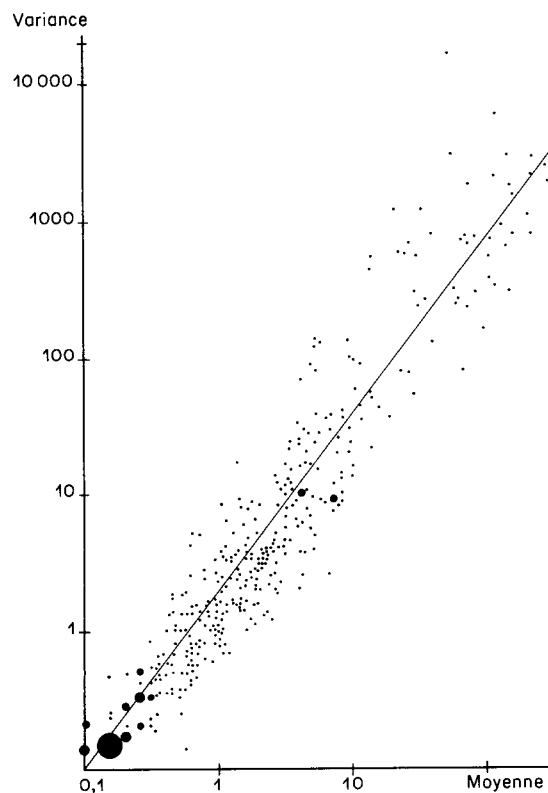


Figure 2

Liaison entre la moyenne et la variance dans les échantillons observés (vérification de la loi de Taylor).

Relation between the mean and the variance (verification of Taylor's law).

Ici b est donc plutôt proche de 1 mais quelques essais de normalisation avec la transformation $y = \sqrt{x + x_0}$ (déjà utilisée par CHAMPNESS, 1949 et ROBERTS, 1958) nous ont montré qu'elle n'était pas appropriée. Nous utilisons donc la transformation $y = \text{Log}(x + x_0)$, x_0 étant déterminé à l'aide de droites de Henry (MERNY & DEJARDIN, 1970). Dans la plupart des cas on obtient $x_0 = 1$.

b) Moyenne - Intervalle de confiance

Nous vérifions à l'aide du test de Pearson que les données transformées y sont bien normalisées. Pour ces données transformées nous avons :

une moyenne \bar{y} ,
une variance s_y^2 (écart-type s_y),
des limites de confiance

$$b_i = \bar{y} - \frac{ts_y}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

$$b_s = \bar{y} + \frac{ts_y}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

n étant le nombre d'échantillons,
 t étant la variable de Student à $n - 1$ ddl au seuil α choisi.

La moyenne retransformée est donc $\bar{x}' = 10^y - x_0$. La transformation introduisant un biais, il est nécessaire de corriger \bar{x}' , b_i et b_s par un coefficient de correction de NEYMAN & SCOTT (1960) dont l'expression peut se calculer simplement (MERNY & DEJARDIN, 1970) par :

$$c = 10^{1.15129 \frac{(n-1)}{n} s_y^2}$$

avec

$$1,15129 = \frac{1}{2} \log 10$$

On obtient ainsi l'intervalle de confiance :

$$c b_i \leq c \bar{x}' \leq c b_s$$

Remarque

Certaines distributions de populations très hétérogènes ne s'ajustent ni à une loi normale, ni à une loi de Poisson, et on ne peut pas les normaliser par une transformation logarithmique (15 p. 100 des cas étudiés, voir tabl. 2). On ne peut donc pas donner d'intervalle de confiance ni caractériser la population par sa moyenne.

4. Détermination de la taille de l'échantillon nécessaire à l'obtention d'une précision donnée

CHAMPNESS (1949), RABOTNOV (1958), SMYRNOV & KURDYUKOV (1965) utilisent tous une formule du type

$$SE = \left(\frac{s_x^2}{n} \right)^{1/2} \quad (3)$$

où SE = écart-type de la moyenne, n = nombre d'échantillons.

Or, les conditions d'application de la formule (3) sont :

— La moyenne observée est supposée être distribuée normalement (SNEDECOR & COCHRAN, 1971, p. 574).

— L'échantillonnage est de type aléatoire simple (SNEDECOR & COCHRAN, 1971, p. 576).

Ces conditions ne sont pas respectées dans le cas de notre étude. Aussi nous adoptons la démarche suivante :

Pour une population normale, la formule classique de la taille de l'échantillon est :

$$n = \left(\frac{ts_x}{px} \right)^2 \quad (4)$$

(SNEDECOR & COCHRAN, 1971) où p est la précision sur la moyenne.

Pour une population normalisée avec la transformation $\text{Log}(x + x_0)$, d'après les formules (1) et (2) donnant les limites de l'intervalle de confiance, on obtient finalement :

$$n = \left(\frac{ts_y}{\text{Log} \left(\frac{p\bar{x}'}{\bar{x}' + x_0} + \sqrt{1 + \left(\frac{p\bar{x}'}{\bar{x}' + x_0} \right)^2} \right)} \right)^2 \quad (5)$$

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

A. La structure des populations

Les lois de distribution des populations sont indiquées dans le tableau 2 ainsi que les moyennes et intervalles de confiance.

Les espèces faiblement représentées suivent presque toujours des distributions de Poisson (fig. 3, type a et fig. 5) ou des distributions agrégées (fig. 3, type b et fig. 4).

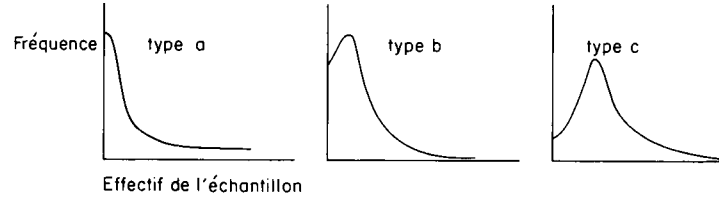


Figure 3
Distribution des fréquences du nombre de semences par échantillon pour différents types de lois de distribution.
Frequency distribution of the number of seeds per core for various types of distribution laws.

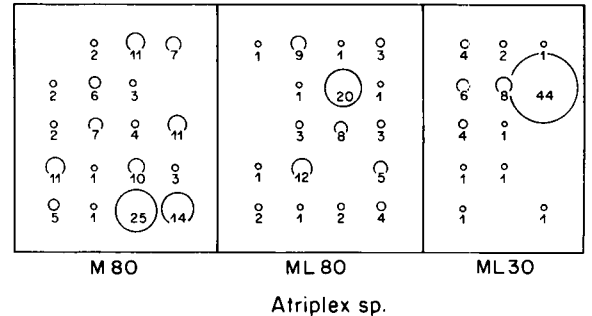


Figure 4
Carte d'infestation de 3 sous-parcelles contiguës (ML 80, M 80 et ML 30) par Atriplex sp. La distribution de la population est de type agrégé.
Echelle : \circ = 5 semences.
Le nombre de semences dans chaque prélèvement est indiqué, ainsi que dans les figures 5, 6 et 7.
Infestation of 3 subplots (ML 80, M 80 et ML 30) by Atriplex sp. Examples of aggregated distribution.
Number of seeds per core is shown (also in Fig. 5, 6 and 7).

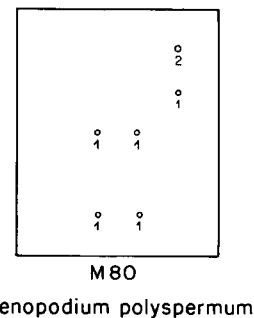


Figure 5
Carte d'infestation d'une sous-parcelle (M 80) par Chenopodium polyspermum. La distribution suit une loi de Poisson.
Echelle : \circ = 5 semences.
Infestation of a subplot by Chenopodium polyspermum. Example of Poisson distribution.

TABLEAU 2

Tableau des moyennes du nombre de semences par carotte par espèce avec intervalle de confiance.
Mean number of seeds per core and confidence limits. Distribution laws are shown as above.

Nom de l'espèce	M ₆₀	M ₂₀	M ₈₀	M ₄₀	M ₁₄	ML ₄₀	ML ₃₀	ML ₁₀	ML ₁₀₀	ML ₈₀	C I	C II	C III	C IV	C V	CF I	CF II	CF III	CF IV	CF V	P ₁	P ₂	P ₂₁	P ₂₄
<i>Aragallis arvensis</i>	1,47 2,05 2,78	0,93 1,4 2,02	1,03 1,75 2,46	0,56 1,2 2,46	0,56 1,17 2,46	0,56 1,17 2,46	0,91 1,55 2,46	0,91 1,55 2,46	0,94 1,4 2,02	1,09 1,6 2,46	0,38 0,93 1,17	0,38 0,93 1,17	1,33 2,74 4,94	0,59 0,5 1,27	0,11 0,5 0,88	0,37 1,26 1,62	0,37 1,26 1,62	0,93 1,65 2,02	0,65 1,05 1,60	0,18 0,1 0,36	0,31 0,6 1,05	0,14 0,35 0,72	0,06 0,45 0,83	0,11 0,15 0,65
<i>Atriplex sp.</i>	3,21 7,82 16,82	0,30 1,4 1,84	2,78 6,05 11,84	0,17 0,4 0,79	0,17 0,4 0,79	0,17 0,4 0,79	0,31 0,85 1,31	0,31 0,85 1,31	0,31 0,85 1,31	0,31 0,85 1,31	0,31 0,85 1,31	0,31 0,85 1,31	0,00 4,25 13,2	0,95 0,99 2,22	0,03 0,2 0,6	0,31 1,10 1,62	0,31 1,10 1,62	0,00 0,65 1,12	0,11 0,05 0,05	0,11 0,3 0,65	0,08 0,25 0,58	0,64 2,71 6,67	0,45 0,85 1,28	0,00 0,00 0,28
<i>Capella bursa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Centunculus minimus</i>	1,14 1,70 2,32	3,74 5,70 7,65	0,97 1,45 2,08	0,97 1,45 2,08	0,97 1,45 2,08	0,97 1,45 2,08	1,62 2,53 3,43	1,62 2,53 3,43	2,32 3,95 5,57	2,96 4,68 6,33	0,99 2,10 3,33	0,99 2,10 3,33	5,00 8,06 10,11	5,36 7,1 8,83	5,72 7,6 9,47	1,67 2,85 3,82	1,67 2,85 3,82	4,96 6,95 7,84	2,75 5,3 7,84	0,74 9,4 12,05	3,32 6,4 9,4	1,86 3,9 5,93	0,34 1 1,65	0,35 1,25 2,66
<i>Chenopodium polysperum</i>	0,08 0,25 0,58	0,11 0,30 0,65	0,11 0,30 0,65	0,11 0,30 0,65	0,11 0,30 0,65	0,11 0,30 0,65	0,37 1,05 1,61	0,37 1,05 1,61	0,37 1,05 1,61	0,37 1,05 1,61	0,00 0,05 0,14	0,00 0,05 0,14	0,00 4,25 13,2	0,95 0,99 2,22	0,03 0,2 0,6	0,31 1,10 1,62	0,31 1,10 1,62	0,00 0,65 1,12	0,11 0,05 0,05	0,11 0,3 0,65	0,08 0,25 0,58	0,64 2,71 6,67	0,45 0,85 1,28	0,00 0,00 0,28
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	0,08 0,25 0,58	0,11 0,30 0,65	0,11 0,30 0,65	0,11 0,30 0,65	0,11 0,30 0,65	0,11 0,30 0,65	0,37 1,05 1,61	0,37 1,05 1,61	0,37 1,05 1,61	0,37 1,05 1,61	0,00 0,05 0,14	0,00 0,05 0,14	0,00 4,25 13,2	0,95 0,99 2,22	0,03 0,2 0,6	0,31 1,10 1,62	0,31 1,10 1,62	0,00 0,65 1,12	0,11 0,05 0,05	0,11 0,3 0,65	0,08 0,25 0,58	0,64 2,71 6,67	0,45 0,85 1,28	0,00 0,00 0,28
<i>Hypericum humifusum</i>	11,18 15,45 19,72	23,32 34 44,67	52,23 61,18 71,62	8,71 13,35 17,98	8,71 13,35 17,98	8,71 13,35 17,98	14,85 28,55 39,97	14,85 28,55 39,97	14,85 28,55 39,97	14,85 28,55 39,97	22,87 28,04 32,55	22,87 28,04 32,55	21,14 26,85 32,55	68,85 78,05 89,24	57,08 62,8 70,06	51,17 62,8 70,06	51,17 62,8 70,06	48,51 54,22 61,55	19,58 29,35 39,11	30,90 38,3 45,69	1,05 1,55 2,20	0,5 1,14 1,85	1,14 2,84 5,68	0,00 8,03 11,98
<i>Juncus bufonius</i>	99,18 134,45 169,71	80,32 107,75 125,17	103,55 123,25 140,69	50,73 64,4 78,06	50,73 64,4 78,06	50,73 64,4 78,06	91,43 106,5 121,76	91,43 106,5 121,76	91,43 106,5 121,76	91,43 106,5 121,76	112,26 139,9 167,53	112,26 139,9 167,53	163,80 198,53 233,25	237,73 270,05 302,30	237,73 270,05 302,30	237,73 270,05 302,30	237,73 270,05 302,30	176,23 190,25 215,86	176,23 190,25 215,86	181,15 190,25 215,86	16,92 22,65 28,37	7,06 11,4 15,73	1,26 2,65 4,03	2,18 4,21 7,32
<i>Kickxia elatine</i>	0,17 0,65 1,12	0,65 1,05 1,60	0,65 1,05 1,60	0,65 1,05 1,60	0,65 1,05 1,60	0,65 1,05 1,60	0,49 1,06 1,62	0,49 1,06 1,62	0,49 1,06 1,62	0,49 1,06 1,62	0,35 0,65 1,11	0,35 0,65 1,11	0,35 0,65 1,11	0,35 0,65 1,11	0,35 0,65 1,11	0,35 0,65 1,11	0,35 0,65 1,11	0,35 0,65 1,11	0,35 0,65 1,11	0,35 0,65 1,11	0,35 0,65 1,11	0,35 0,65 1,11	0,35 0,65 1,11	0,35 0,65 1,11
<i>Matricaria sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oxalis sp.</i>	0,13 0,63 1,33	0,57 0,95 1,48	0,14 0,35 0,72	0,14 0,35 0,72	0,14 0,35 0,72	0,14 0,35 0,72	0,27 0,88 1,74	0,27 0,88 1,74	0,27 0,88 1,74	0,27 0,88 1,74	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61
<i>Plantago major</i>	1,62 4,86 4,68	8,88 10,25 11,74	1,73 2,95 4,15	1,73 2,95 4,15	1,73 2,95 4,15	1,73 2,95 4,15	4,97 6,93 8,88	4,97 6,93 8,88	4,97 6,93 8,88	4,97 6,93 8,88	6,32 9,15 12,65	6,32 9,15 12,65	6,32 9,15 12,65	6,32 9,15 12,65	6,32 9,15 12,65	6,32 9,15 12,65	6,32 9,15 12,65	6,32 9,15 12,65	6,32 9,15 12,65	6,32 9,15 12,65	6,32 9,15 12,65	6,32 9,15 12,65	6,32 9,15 12,65	6,32 9,15 12,65
<i>Poa annua</i>	0,00 0,28 0,78	0,11 0,30 0,65	0,11 0,30 0,65	0,11 0,30 0,65	0,11 0,30 0,65	0,11 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65	0,14 0,30 0,65
<i>Polygonum aviculare</i>	0,78 1,85 2,94	0,84 1,85 2,85	0,14 0,35 0,72	0,14 0,35 0,72	0,14 0,35 0,72	0,14 0,35 0,72	0,29 0,88 1,74	0,29 0,88 1,74	0,29 0,88 1,74	0,29 0,88 1,74	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61	0,48 1,05 1,61
<i>Sagina apetala</i>	2,98 4,86 7,60	0,21 0,9 1,58	1,71 4,35 6,98	0,70 1,75 4,99	0,70 1,75 4,99	0,70 1,75 4,99	1,89 2,99 4,25	1,89 2,99 4,25	1,89 2,99 4,25	1,89 2,99 4,25	3,74 4,85 5,50	3,74 4,85 5,50	3,74 4,85 5,50	3,74 4,85 5,50	3,74 4,85 5,50	3,74 4,85 5,50	3,74 4,85 5,50	3,74 4,85 5,50	3,74 4,85 5,50	3,74 4,85 5,50	3,74 4,85 5,50	3,74 4,85 5,50	3,74 4,85 5,50	3,74 4,85 5,50
Toutes espèces confondues	135,2 175,8 216,4	144,6 171,1 179,6	110,2 144,4 178,6	177,1 201,8 226,5	177,1 201,8 226,5	177,1 201,8 226,5	194 239,25 270,54	194 239,25 270,54	194 239,25 270,54	194 239,25 270,54	148,46 184,66 220,85	148,46 184,66 220,85	306,26 331,88 362,45	338,63 381,5 424,36	338,63 381,5 424,36	338,63 381,5 424,36	338,63 381,5 424,36	338,63 381,5 424,36	338,63 381,5 424,36	338,63 381,5 424,36	338,63 381,5 424,36	338,63 381,5 424,36	338,63 381,5 424,36	338,63 381,5 424,36

Les lois de distribution sont indiquées :
 ● Loi de Poisson.
 ▲ Loi normale.
 * Loi agrégative. Les données ont été normalisées.
 ☒ Distribution agrégative très hétérogène non normalisable (le chiffre indiqué est la moyenne sur 20 prélèvements).
 ☐ Les 20 prélèvements ne contenaient aucune semence de l'espèce considérée.
 Les cases ne contenant aucun symbole sont celles où l'on accepte la loi normale et la loi de Poisson. Pour simplifier, nous n'avons indiqué ici que les limites de confiance calculées pour une loi normale (l'intervalle de confiance donné par une loi de Poisson est plus étroit).

Pour des moyennes plus élevées, on a une grande proportion des lois normales, mais souvent la puissance des tests utilisés n'est pas suffisante (nous ne travaillons que sur 20 prélèvements) et les tests nous font accepter à la fois la loi de Poisson et la loi normale (16 p. 100 des cas étudiés dans le tableau 2. Voir par exemple *Kickxia elatine*, *Oxalis sp.*). On ne peut pas conclure, mais on peut dire que la courbe présente une nette dissymétrie (fig. 3, type c et fig. 6). Pour les espèces très fortement représentées (plus de 200×10^6 semences par ha), on a presque toujours une distribution normale (fig. 7 et dans le tableau 2 *Hypericum humifusum*, *Juncus bufonius*, « toutes espèces confondues »).

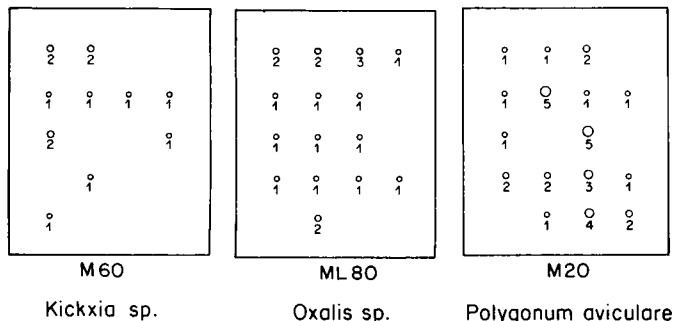


Figure 6

Carte d'infestation de 3 sous-parcelles (M 60, ML 80 et M 20) respectivement par *Kickxia sp.*, *Oxalis sp.*, *Polygonum aviculare*. La puissance de nos tests ne permet pas de trancher entre la loi normale et la loi de Poisson.
Echelle : $\circ = 5$ semences.

Infestation of 3 subplots (M 60, ML 80 et M 20) by *Kickxia sp.*, *Oxalis sp.*, *Polygonum aviculare* respectively.

Discrimination between Poisson distribution and normal distribution not possible because of the weak power of our tests.

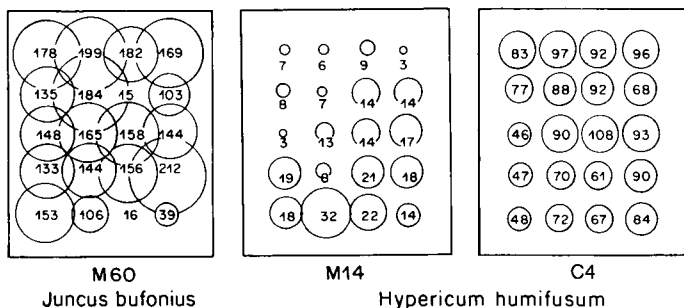


Figure 7

Carte d'infestation de 3 sous-parcelles (M 60, M 14, C 4) respectivement par *Juncus bufonius* et *Hypericum humifusum*.
Echelle : M 60 et C 4, \circ : 20 semences, M 14, \circ : 5 semences.

Infestation of 3 subplots (M 60, M 14, C 4) respectively by *Juncus bufonius* and *Hypericum humifusum*.
Examples of normal distribution.

Nos résultats mettent en évidence une loi de distribution qui dépend de l'effectif de la population et non pas de l'espèce végétale. Pour *Centunculus minimus* par exemple (tabl. 2), on passe, au fur et à mesure que la moyenne du nombre de semences par carotte augmente, de la loi de Poisson ou de la loi agrégative à la loi « à la fois normale et de Poisson » et enfin, à la loi normale. On observe le même phénomène pour toutes les espèces citées dans le tableau 2.

B. Détermination de la taille de l'échantillon nécessaire à l'obtention d'une précision donnée

n est calculé à partir des formules (4) et (5).

D'après les résultats obtenus sur nos données, calculés pour une précision $p = 20$ p. 100 et un seuil de signification de 0,01, nous établissons une relation entre le nombre d'échantillons nécessaire et la moyenne \bar{x} .

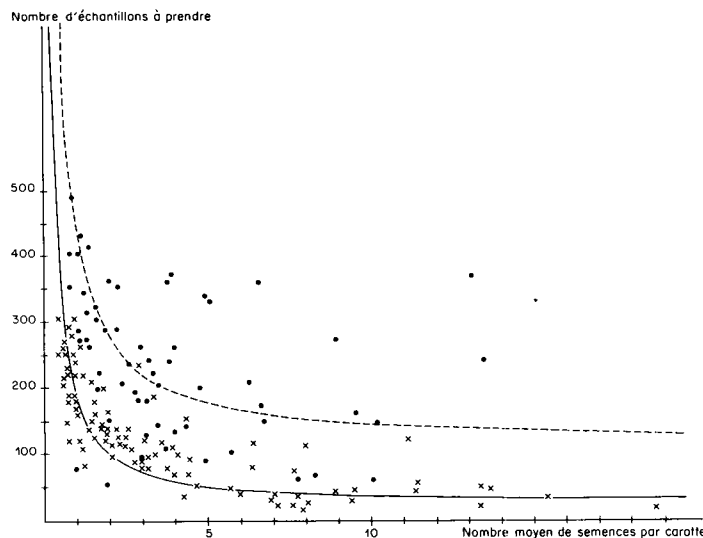


Figure 8

Détermination du nombre d'échantillons à prendre en fonction de la moyenne observée, pour une précision de 20 p. 100. (La moyenne est donnée par carotte, en la multipliant par 5×10^6 on obtient le nombre de semences à l'hectare.)

\times = Données normales.
 \bullet = Données normalisées.

Relation between the mean and the number of cores to be taken for a precision $p = 0.05$. (Here we give \bar{x} the mean number of seeds per core, the mean number of seeds per hectare being $5 \times 10^6 \bar{x}$.)

La figure 8 montre qu'il faut séparer les données normales des données normalisées et suggère l'établissement d'une régression hyperbolique.

Pour les données normalisées, sur 66 couples (n, \bar{x}) on a

$$n = \frac{316,72}{\bar{x}} + 116,09 \quad \text{avec } r = 0,5734.$$

Pour les données normales, on obtient sur 157 couples (n, \bar{x})

$$n = \frac{163,93}{\bar{x}} + 22,70 \quad \text{avec } r = 0,9173.$$

Les conséquences pratiques sont les suivantes :

— Pour une moyenne élevée (supérieure à 40 semences par carotte, soit 200×10^6 par ha), une taille d'échantillon comprise entre 10 et 20 convient.

— Pour une moyenne comprise entre 5 et 40, n doit être voisin de 50.

— Pour $1 < \bar{x} < 5$, la taille de l'échantillon doit être comprise entre 100 et 200.

— Pour une moyenne proche de 1 ou inférieure à 1 (ce qui représente encore tout de même 5×10^6 semences par ha !) n doit être supérieur à 200.

Dans le cas où la population est de type agrégé, n doit être supérieur à 100.

L'utilisation de ces formules suppose donc que l'on ait au préalable une idée sur l'effectif de la population que l'on veut échantillonner, obtenue par exemple par un pré-échantillonnage au hasard.

IV. CONCLUSION

Cette étude a mis en évidence la grande hétérogénéité de la distribution horizontale des semences de mauvaises herbes dans le sol. Une espèce faiblement représentée n'est pas pour autant négligeable et il faut un nombre de prélèvements de sol tel, pour donner une idée de son abondance avec une précision de 20 p. 100, que cela représente une manipulation très lourde et fastidieuse. Il apparaît difficile d'établir une méthode d'échantillonnage, pratiquement réalisable et satisfaisante pour toutes les espèces, pouvant être utilisée facilement par exemple pour des diagnostics d'infestation.

Cependant, en malherbologie, le caractère fondamental de la connaissance du stock de semences dans le sol, tant du point de vue qualitatif que quantitatif, mérite qu'une telle étude soit poussée plus avant ; ceci d'autant plus que ces problèmes d'échantillonnage se posent presque dans les mêmes termes pour un grand nombre d'organismes telluriques ennemis des cultures ; nématodes (MUGNIERY & ZAOUCHI, 1976), champignons, bactéries. Tout le problème reste de déterminer la précision minimale nécessaire selon le type d'étude que l'on entreprend.

Reçu le 1^{er} juin 1981.
Accepté le 25 février 1982.

REMERCIEMENTS

Nous remercions particulièrement M. D. MUGNIERY, du Laboratoire de Nématologie du centre I.N.R.A., Rennes-le Rheu qui nous a très patiemment guidés dans l'interprétation mathématique de nos résultats.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barralis G., Chadœuf R., 1980. Etude de la dynamique d'une communauté adventive : I. Evolution de la flore adventice au cours du cycle végétatif d'une culture. *Weed Res.*, **20** (4), 231-237.
- Barralis G., Salin D., 1973. Relations entre flore potentielle et flore réelle dans quelques types de sols de Côte-d'Or. *C.R. IV^e Coll. International sur l'Ecologie et la Biologie des mauvaises herbes*, p. 94-101, 18-20 septembre 1973, Marseille.
- Champness S. S., 1949. Note on the techniques of sampling soil to determine the content of buried viable seeds. *J. brit. Grassl. Soc.*, **4**, 115-118.
- Chepil W. S., 1946. Germination of weed seeds. *Scient. Agric.*, **26**, 307-357.
- Cochran W. G., 1963. *Sampling techniques*. John Wiley & Sons. Inc. New York, 2^e éd., 413 p.
- Major J., Pyott W. T., 1966. Buried, viable seeds in two California bunchgrass sites and their bearing on the definition of a flora. *Vegetatio*, **13** (5), 253-282.
- Malone C. R., 1967. A rapid method for enumeration of viable weeds in soil. *Weeds*, **15** (4), 381-382.
- Merny G., Dejardin J., 1970. Les nématodes phytoparasites des rizières inondées de Côte-d'Ivoire. II. Essai d'estimation de l'importance des populations. *Cah. O.R.S.T.O.M., ser. Biol.*, **11**, 45-67.
- Mugniery D., Zaouchi H., 1976. Etude critique de la méthode d'échantillonnage des Nématodes à kystes dans le sol et de la validité des différents critères d'estimation des populations. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, **8** (2), 177-195.
- Neymann J., Scott E., 1960. Correction for bias introduced by a transformation of variables. *Ann. Math. Stat.*, **31**, 643-655.
- Rabotnov T. A., 1958. Méthodes d'étude du contenu des sols de prairies en semences viables. *Bot. Zh. SSSR*, **43**, 1572-1581 (en russe).
- Roberts H. A., 1958. Studies on the weeds of vegetable crops. I. Initial effects of cropping on the weed seeds in the soil. *J. Ecol.*, **46** (3), 759-768.
- Salisbury E. J., 1961. *Weeds and aliens*. Collins, London, 384 p.
- Smyrnov B. M., Kurdyukov Y. F., 1965. La détermination du salissement d'un terrain. *Vestn. sel' - Khoz. Nauki. Mosk.*, **10** (2), 125-128.
- Snedecor G. W., Cochran W. G., 1971. *Méthodes statistiques* (traduit de l'anglais par Boelle H. et Camhaji E.). Association de Coordination Technique Agricole, Paris, 656 p.
- Taylor R. L., 1961. Aggregation, variance, and the mean. *Nature*, **189**, 732-735.