

# REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

P. FERIGNAC

## **Contrôle de la qualité et qualification du personnel**

*Revue de statistique appliquée*, tome 10, n° 2 (1962), p. 41-47

[http://www.numdam.org/item?id=RSA\\_1962\\_\\_10\\_2\\_41\\_0](http://www.numdam.org/item?id=RSA_1962__10_2_41_0)

© Société française de statistique, 1962, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « *Revue de statistique appliquée* » (<http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques  
<http://www.numdam.org/>

# CONTROLE DE LA QUALITÉ ET QUALIFICATION DU PERSONNEL

P. FERIGNAC

Statisticien

Le contrôle de la qualité permet l'accumulation d'une documentation importante et précise sur le fonctionnement des machines. Il est souvent intéressant de grouper systématiquement les informations fournies par le contrôle, sur une période déterminée, afin de mettre en évidence la liaison entre certains facteurs et la qualité de la production. Nous avons ainsi exploité les renseignements contenus dans les cartes de contrôle pour tenter de porter un jugement sur la valeur professionnelle des ouvrières d'un atelier.

## I - INTRODUCTION

Les résultats analysés proviennent d'un atelier de conditionnement d'une marchandise fragile et chère pour la conservation de laquelle des normes strictes sont essentielles.

L'atelier comporte 27 machines semi-automatiques, chacune d'elles est servie par une ouvrière. Les machines sont affectées au personnel de deux équipes successives A et B. Dans une journée de travail on occupe donc 54 ouvrières (régime  $2 \times 8$ ).

La production journalière importante, de l'ordre de 50 000 unités, justifie l'adoption d'un contrôle statistique sévère de la qualité, qui est réalisé à l'aide de la carte de contrôle du nombre d'unités défectueuses par échantillon. La marchandise conditionnée est rangée dans des casiers qui sont acheminés sur le poste de contrôle avant de passer à l'atelier d'emballage. Les contrôleurs bien entraînés font les prélèvements au hasard dans les casiers, comptent le nombre d'unités mauvaises dans chaque échantillon et tiennent à jour les cartes de contrôle.

A l'usage, ce système s'est avéré satisfaisant : la qualité a été notablement améliorée, le pourcentage de défectueux passant en quelques semaines de 2 % à environ 0,9 % pour l'ensemble de l'atelier.

## II - LES RESULTATS GLOBAUX DE L'ATELIER.

Désireux de vérifier la validité de la loi de Poisson, admise pour l'établissement des cartes de contrôle, on a exploité les résultats fournis par les contrôleurs pour étudier la répartition des unités défectueuses dans l'ensemble de l'atelier. On a constitué 279 échantillons de 100 unités chacun en prenant toutes les précautions utiles pour qu'un échantillon aléatoire soit représentatif de la production de l'atelier. Les échantillons sont répartis sur 11 journées de travail à peu près également entre les équipes A et B.

Les observations sont rassemblées dans le tableau I.

Tableau II  
Classement des échantillons selon le nombre d'unités  
défectueuses par échantillon.

Nbre de défectueux	0	1	2	3	4	Totaux
Equipe A	54	50	24	9	2	139
Equipe B	67	45	20	8	0	140
Totaux	121	95	44	17	2	279

Le pourcentage moyen de défectueux observé pour la période considérée est donc :

$$\frac{95 \times 1 + 44 \times 2 + 17 \times 3 + 2 \times 4}{279} = \frac{242}{279} = 0,86 \%$$

L'écart-type de cette estimation est :

$$\sqrt{\frac{0,86 \times 99,14}{27900}} \sim 0,06 \%$$

Compte tenu du très grand nombre d'objets contrôlés (27 900) on peut admettre que le pourcentage de défectueux observé suit une loi normale  $N(0,86 ; 0,06)$  avec une approximation suffisante. On en déduit les limites de confiance au seuil 0,95 :  $0,86 \pm 2 \times 0,06$  ; on a donc environ 95 chances sur 100 pour que la vraie valeur du pourcentage de défectueux de la production, pour la période considérée, se situe entre les limites aléatoires 0,74 et 0,98.

Nous nous proposons maintenant de vérifier si la répartition du nombre de défectueux dans les 279 échantillons est compatible avec une distribution théorique de Poisson de moyenne  $m = 100 \times 0,0086 = 0,86$ . Nous représentons par  $P(k)$  la probabilité d'observer  $k$  défectueux dans un échantillon, nous lisons dans la table de la loi de Poisson pour  $m = 0,86$  :

$$P(0) = 0,4234 ; P(1) = 0,3648 ; P(2) = 0,1560 ; P(k > 3) = 0,0558.$$

Nous donnons, dans le tableau II, les distributions, théorique et observée, des 279 échantillons prélevés dans tout l'atelier. Nous testons l'hypothèse de l'adéquation de la loi de Poisson aux observations à l'aide du test  $\chi^2$  appliqué après groupement des deux dernières classes. On trouve  $\chi^2 = 1,229$  pour  $\nu = 2$  degrés de liberté, on a environ 55 chances sur 100 de dépasser cette valeur du fait des écarts aléatoires de l'échantillonnage. On conclut que la loi de Poisson de moyenne  $m = 0,86$  s'ajuste très bien aux observations, son application au contrôle est donc pleinement justifiée.

Bien que ce soit en dehors du but que nous nous sommes fixés, nous appliquons un test rapide à la valeur relative des équipes A et B. Du tableau

Tableau II

Comparaison de la distribution des échantillons selon le nombre d'unités défectueuses à la distribution théorique de Poisson  $m = 0,86$ .

Nombre de défectueux	0	1	2	3 et plus	Totaux
Nombre d'échantillons $n'_i$ observé	121	95	44	19	279
Nombre d'échantillons $n_i$ théorique	118	101,8	43,5	15,7	279
$(n'_i - n_i)^2$	9	46,24	0,25	10,89	
$\frac{(n'_i - n_i)^2}{n_i}$	0,076	0,454	0,006	0,693	1,229

I, nous déduisons les pourcentages d'unités défectueuses de chacune des équipes, soit respectivement :

$$p_A = 0,96 \% ; p_B = 0,78 \%$$

La différence  $\Delta = p_A - p_B = 0,18 \%$  est-elle significative ?

Nous admettons que les estimations indépendantes de  $p_A$  et  $p_B$  qui portent chacune sur environ 14 000 unités suivent une loi normale dont l'écart-type est  $0,06\sqrt{2} \%$  ( $0,06 \%$  = écart-type sur 27 900 observations). L'écart-type de la différence  $\Delta$  est donc :

$$s_{\Delta} = 0,06 \times 2 = 0,12 \%,$$

d'où :

$$\frac{p_A - p_B}{s_{\Delta}} = \frac{0,18}{0,12} = 1,5$$

La probabilité de trouver, par le jeu du hasard seul, une différence  $\Delta$  supérieure à 0,18 est environ 0,07, on peut donc conclure qu'il y a de fortes présomptions pour que la qualité de la production de l'équipe B soit supérieure à celle de l'équipe A.

### III - CONTROLE DE LA VALEUR PROFESSIONNELLE DES OUVRIERES

Les rapports récapitulatifs fournis par le service contrôle montraient des différences nettes entre les ouvrières au point de vue de la qualité de leur travail. En particulier, on constatait que les tris étaient exigés fréquemment pour certaines ouvrières alors que, pour d'autres, la production était presque toujours acceptée. Mais cette information qualitative était difficilement exploitable, des renseignements systématiques et précis paraissaient utiles pour tenter de réduire la dispersion de la qualité de la production.

Dans ce but, on désirait une classification rationnelle des ouvrières afin de justifier les décisions quant à leur formation ou, éventuellement leur changement de poste de travail.

On a admis que si les 54 ouvrières étaient statistiquement de même qualification professionnelle, le nombre d'unités défectueuses produites par chacune d'elles obéissait à une loi de Poisson. En d'autres termes, on considère le groupe de 54 ouvrières et l'on teste son homogénéité en vérifiant si les résultats individuels sont en accord avec une loi de Poisson caractérisée par le pourcentage moyen de défectueux de 0,86 % observé d'autre part dans l'atelier.

On a alors groupé les résultats des cartes de contrôle de manière à former, pour chaque ouvrière, un échantillon au hasard de 560 unités prélevé sur 10 journées de travail. La moyenne de la loi de Poisson qui doit rendre compte de la répartition théorique des ouvrières selon le nombre d'objets défectueux par échantillon est  $m = 560 \times 0,086 \sim 4,8$ .

La table de loi de Poisson ( $m = 4,8$ ) donne les probabilités d'obtenir  $k = 0, 1, 2, \dots$  défectueux d'où l'on déduit la répartition théorique des 54 ouvrières. La comparaison des distributions observée et théorique est résumée dans le tableau III.

Tableau III  
Qualité du travail des ouvrières  
Répartition des ouvrières selon le nombre d'unités défectueuses  
dans les échantillons d'effectif  $n = 560$ .

Nbre d'unités défectueuses par échantillon k	Nbre d'échantillons représentant k défectueux	Nbre théorique d'échantillons présentant k défectueux
0	8	0,4
1	6	2,2
2	6	5,1
3	7	8,2
4	6	9,8
5	6	9,5
6	3	7,6
7	5	5,2
8	2	3,1
9	1	1,7
10	0	0,8
14	1	0
15	1	0
16	1	0
18	1	0
Total	54	

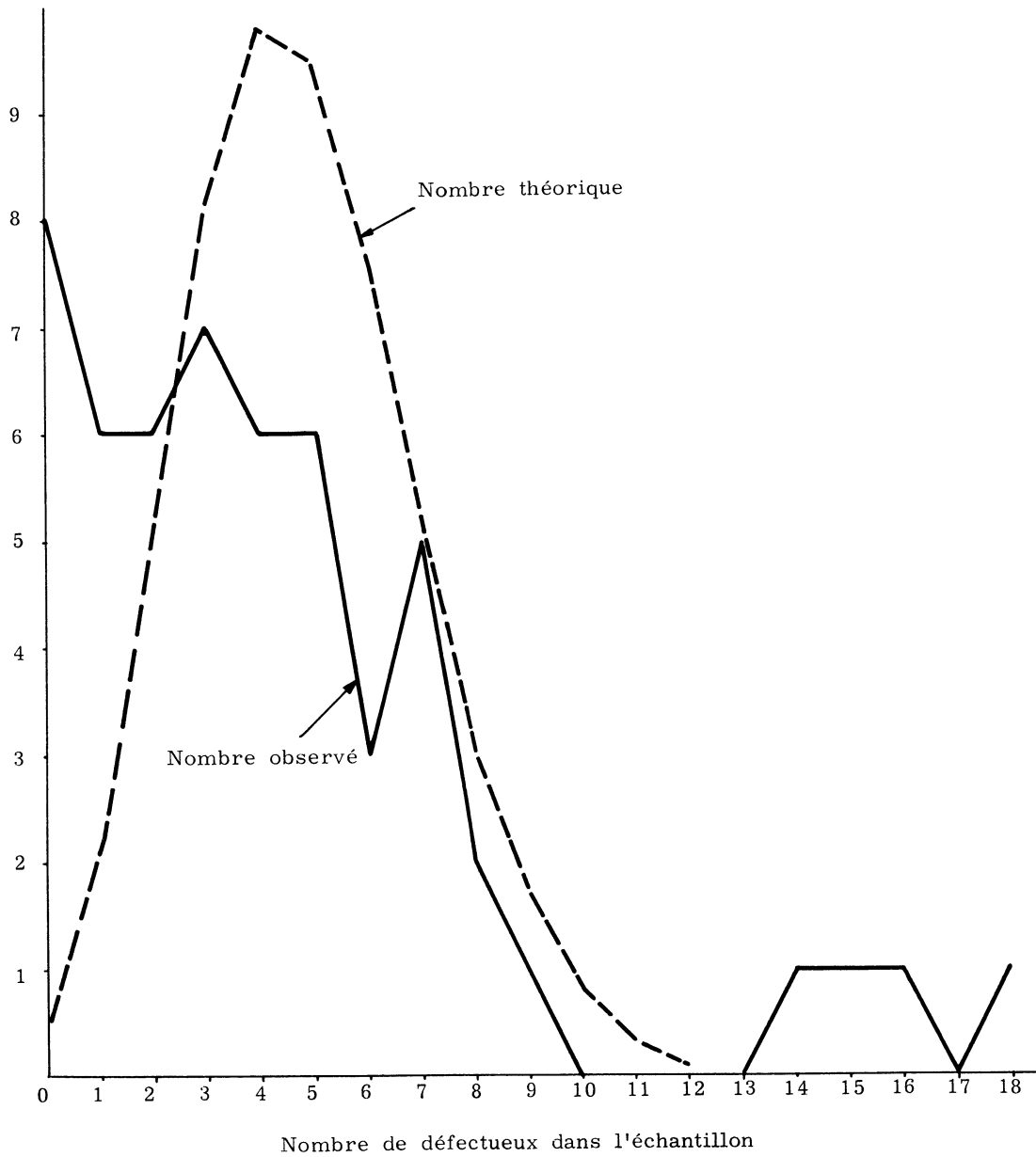


Figure 1 - Qualité du travail des ouvrières.

Les deux distributions sont représentées sur la figure 1 qui met les écarts mieux en évidence que le tableau III. Les points représentatifs de chaque distribution sont joints par une ligne polygonale, bien que la variable aléatoire soit discrète, afin de rendre le graphique plus lisible.

Nous constatons que les deux courbes n'ont pas la même allure et le test  $\chi^2$  montre que l'écart ne peut pas être attribué au hasard : les 54 ouvrières ne doivent donc pas être considérées comme ayant la même qualification, caractérisée par 0,86 % de défectueux.

La courbe de distribution expérimentale peut certainement s'écarter notablement de la courbe théorique du fait des fluctuations aléatoires de l'échantillonnage. Aussi nous ne chercherons pas à faire une classification poussée des ouvrières. Nous nous bornerons à remarquer que le nombre de ouvrières excellentes (0 et 1 défectueux) est beaucoup plus élevé que celui qui est espéré, 14 au lieu de 3, le groupe dont la production présente 4, 5 et 6 défectueux est faible, enfin, il est anormal qu'il y ait 4 ouvrières dont les échantillons contiennent un nombre de défectueux supérieur ou égal à 14. Les deux groupes extrêmes des ouvrières excellentes et mauvaises contribuent pour la plus grande part à la valeur élevée du  $\chi^2$ .

Pour nos besoins, il est inutile de pousser très loin l'analyse statistique, il nous suffit de repérer les écarts importants et d'en tirer une ligne d'action afin de rendre l'ensemble des ouvrières aussi homogène que possible.

En conclusion des résultats ci-dessus, les décisions suivantes furent prises :

1) exercer un contrôle réduit sur les ouvrières classées excellentes, un contrôle serré sur les ouvrières mauvaises et un contrôle normal sur les autres ;

2) analyser le travail des ouvrières excellentes pour rechercher les causes de leur haute qualification et prendre parmi elles quelques monitrices pour les ouvrières non satisfaisantes ;

3) la récapitulation des contrôles journaliers ne coûtant à peu près rien, on a résolu de faire périodiquement le graphique de la qualité du travail des ouvrières et de surveiller son évolution.

Ce graphique portant sur la vérification d'échantillons de grande taille fournit de bonnes estimations, il est précieux pour celui qui a la charge de la gestion de la qualité dans l'atelier.

Ces décisions ne sont avérées efficaces : la qualité s'est améliorée notablement grâce surtout à la diminution de la dispersion de la qualité entre les ouvrières, ce qui constitue une garantie contre le risque de laisser passer une série plus mauvaise que la normale et assure donc une qualité stable.

Remarque - Au lieu d'étudier la distribution des ouvrières selon le nombre d'unités défectueuses par échantillon, on aurait pu faire la carte de contrôle des ouvrières. La limite supérieure de contrôle pour  $m = 4,8$  est 12, d'où l'on déduit que 4 ouvrières en dehors de cette limite sont très médiocres. Cette carte qui ne fait pas de distinction entre les ouvrières situées dans les limites de contrôle est insuffisante et nous renseigne moins complètement sur la qualification du personnel que le graphique des fréquences. Cependant, il est aussi important, pour l'amélioration de la qualité, de savoir quelles sont les ouvrières excellentes et pourquoi elles le sont, que de savoir que certaines ouvrières sont mauvaises.

#### IV - CONCLUSION

Il n'était pas dans nos ambitions de faire une discrimination fine entre les ouvrières du point de vue de leur qualification professionnelle, cela demanderait une étude statistique beaucoup plus poussée. Nous avons seulement voulu montrer l'utilité de quelques méthodes très simples de la statistique descriptive qui permettent à l'ingénieur de mieux appréhender ses problèmes et d'orienter son action.

Il est très difficile de déterminer la région dans laquelle peut se situer, à un seuil de probabilité donné, la distribution des fréquences observées autour de la loi théorique de probabilités. Il faut donc demeurer prudent dans l'interprétation des résultats et ne leur accorder que la valeur d'une indication. Toutefois, la tenue à jour des documents que nous indiquons doit conduire à des conclusions de plus en plus précises au fur et à mesure que certaines permanences se manifestent dans le temps. C'est aux persévérances formelles que l'on attachera probablement le plus de prix.