

# REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

ANDREONI

PROVASI

## **Choix des taux de fréquence les plus opportuns pour l'analyse du phénomène des accidents du travail**

*Revue de statistique appliquée*, tome 10, n° 1 (1962), p. 87-95

[http://www.numdam.org/item?id=RSA\\_1962\\_\\_10\\_1\\_87\\_0](http://www.numdam.org/item?id=RSA_1962__10_1_87_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/>

# CHOIX DES TAUX DE FRÉQUENCE LES PLUS OPPORTUNS POUR L'ANALYSE DU PHÉNOMÈNE DES ACCIDENTS DU TRAVAIL (1)

MM. ANDREONI et PROVASI

## SOMMAIRE

Influence de l'évolution de la main-d'œuvre dans les divers secteurs d'activité sur le taux de fréquence total .....	88
Etude par secteurs d'activité .....	88
Coefficient R .....	89
Relations entre les coefficients de secteur .....	90
Relations entre données du secteur et données d'ensemble .....	91
Tableau récapitulatif .....	92
Taux de fréquence et taux de fréquence relative par secteurs .....	92
Taux de fréquence moyen .....	93
Utilisation de R .....	93
Confrontations internationales, R nationaux .....	93
Conclusion .....	94

Dans cette étude, qui prolonge un précédent article de M. Andreoni, les auteurs montrent de quelle manière le taux de fréquence total des accidents, normalement indiqué par les statistiques, est affecté d'un facteur étranger à la fréquence propre des accidents dans les différents secteurs d'activités, mais que, par contre, ce taux de fréquence reflète la répartition de la main-d'œuvre dans ces différents auteurs.

-----

(1) Ce taux de fréquence n'est autre que celui calculé en France mais rapporté à 100 000 heures ouvriers.

Les auteurs mettent en évidence l'importance de ce facteur dans les confrontations des statistiques nationales et internationales, signalent l'opportunité de considérer d'autres taux de fréquence qui n'en soient pas affectés, afin d'arriver à mieux traduire la réalité des faits et de parvenir à une plus grande efficacité en vue de la prévention.

#### INFLUENCE DE LA FLUCTUATION DE LA MAIN-D'ŒUVRE DANS LES DIVERS SECTEURS D'ACTIVITES SUR LE TAUX DE FREQUENCE TOTAL

Normalement, les grandes statistiques d'accidents présentent des faits relatifs à l'ensemble de toutes les entreprises dans un pays entier (ou ses éventuelles subdivisions territoriales : régions, provinces). Les données absolues sont accompagnées d'"indices" ; ce sont les éléments récapitulatifs dont on étudie l'évolution pendant des années successives pour juger du développement de la situation des accidents.

Le taux de fréquence est établi en divisant le nombre total des accidents par le nombre total des heures de travail ou des ouvriers-année(1).

Le but de la présente étude est de signaler une erreur qui s'introduit dans le taux ainsi établi et en diminue l'efficacité lorsqu'on veut l'employer pour représenter le "risque" en général.

Plus précisément, l'erreur dont nous voulons nous occuper consiste à considérer, pour chaque année, le total des heures de travail de l'ensemble des ouvriers, en négligeant le fait que, d'une année à l'autre, il peut s'effectuer un passage de quantités sensibles de ces ouvriers d'un secteur d'activités peu dangereuses à un autre plus dangereux (ou vice versa).

Il est évident que le fait a peu de retentissement sur les accidents en général quand l'importance de ce passage est faible, mais il prend au contraire une valeur notable quand le passage lui-même est important. Ceci est arrivé, par exemple, en Italie dans les années 1952 à 1955, pendant lesquelles la main-d'œuvre dans le secteur textile a diminué de 20 % alors que celle du secteur bâtiment a augmenté de 29 % (pour l'ensemble de tous les secteurs, l'augmentation a été de 11,5 %).

Etant donné que le secteur du bâtiment est reconnu comme beaucoup plus dangereux que le secteur textile, il est évident que :

- à égalité du nombre total des travailleurs, le seul fait du passage d'une importante masse d'ouvriers d'un secteur à un autre plus dangereux doit provoquer une augmentation de valeur du taux de fréquence total.
- ou bien : en cas d'augmentation du nombre total d'ouvriers, l'augmentation du taux total devient plus grande que celle qui résulterait de la simple proportionnalité.

Ceci a une grande importance pour juger exactement de la situation des accidents et aussi pour l'efficacité de l'action de prévention.

#### ETUDE PAR SECTEURS D'ACTIVITES.

Ayant ainsi constaté le peu d'exactitude du taux total, il convient de choisir de nouveaux éléments pour cette étude.

-----  
(1) Communication présentée au deuxième congrès mondial de prévention. Bruxelles, mai 1958.

Il apparaît opportun de subdiviser l'ensemble des branches d'activité en un certain nombre de secteurs assez homogènes (par exemple 10) et ensuite d'étudier les taux pour chacun d'eux.

La valeur des taux de chaque secteur (textiles, bâtiment, chimie etc.) tient dans le fait qu'ils donnent une idée du risque intérieur au secteur lui-même, indépendamment du nombre des travailleurs pour chaque période ; valeur appréciable si on rappelle que le "risque" est l'objet de la recherche considérée ici !

Ensuite, on indique quel pourrait être le calcul du taux de fréquence du secteur afin d'en tirer des conclusions pratiques.

Puisque le calcul s'effectue par formules, il est utile d'indiquer quelques symboles et éléments de ce calcul.

En général, l'indice "i" après une lettre indique que le phénomène se réfère au secteur "i" (i variable de 1 à 10). L'absence d'indice après la même lettre indique que le phénomène se réfère au total des 10 secteurs.

Les données de départ sont :

$$N_i = \text{nombre d'accidents annuels du secteur} \quad (1)$$

$$o_i = \text{main-d'œuvre annuelle du secteur, exprimée en ouvriers-année} \quad (2)$$

Il faut considérer également, en plus, d'autres rapports :

$$I_i = \frac{N_i}{o_i} = \text{taux de fréquence du secteur} \quad (3)$$

$$I_m = \frac{\sum I_i}{10} = \text{taux de fréquence moyen des 10 secteurs} \quad (4)$$

$$s_i = \frac{o_i}{o} = \text{main-d'œuvre relative du secteur par rapport au total de la main-d'œuvre} \quad (5)$$

$$g_i = \frac{I_i}{I_m} = \text{fréquence relative du secteur, par rapport au taux de fréquence moyen} \quad (6)$$

#### COEFFICIENT R.

Important à cause des considérations qui suivront, le coefficient R correspond à la définition :

$$R = \sum s_i g_i \quad (7)$$

Comme on le verra plus loin, à la relation (13), sa valeur est :

$$R = \frac{\text{taux de fréquence total}}{\text{taux de fréquence moyen}} = \frac{I}{I_m} \quad (7\text{bis})$$

Il est à noter que R peut s'écrire :

$$R = \frac{I}{I_m} = \frac{\frac{\sum N_i}{\sum o_i}}{1/10 \sum \frac{N_i}{o_i}} = 10 \frac{\frac{\sum N_i}{\sum o_i}}{\sum \frac{N_i}{o_i}} \quad (7\text{ter})$$

expression dont la symétrie est à remarquer. Selon les éléments que l'on veut faire ressortir, on peut recourir aussi aux autres expressions suivantes :

$$R = 10 \frac{\sum I_i s_i}{\sum I_i} \quad (7 \text{ quater})$$

$$R = 10 \frac{\sum N_i}{\frac{\sum N_i}{s_i}} \quad (7 \text{ quinquies})$$

Il est intéressant de noter que l'on peut attribuer à R, suivant les cas, la signification de :

- a) une main-d'œuvre relative
- b) une fréquence relative

En effet :

a) en considérant les produits de  $g_i$  par  $s_i$ , la somme des produits  $s_i g_i$  est équivalente au produit d'un "s" unique pour le "g" correspondant.

En choisissant pour g la valeur  $g = g_m$  correspondant à  $I_m$ , le  $s_m$  correspondant est défini par l'expression :

$$\sum s_i g_i = s_m g_m$$

Puisque  $g_m$  a été choisi  $= \frac{I_m}{I_m}$  il est égal à 1 et l'expression précédente devient :

$$\sum s_i g_i = s_m$$

qui, par une comparaison avec l'expression (7) donne :

$$R = s_m$$

qui s'explique ainsi :

R peut être considéré comme signifiant : main-d'œuvre relative à un secteur idéal unique dans lequel le taux de fréquence serait :  $I_m$ .

b) un raisonnement analogue peut se faire en partant des produits  $s_i g_i$ , la somme des produits  $s_i g_i$  est équivalente au produit de g déterminé par le s correspondant (et en choisissant  $s = \sum s_i = 1$ ). Mais encore plus rapidement, par les expressions (6) & (7) bis qui sont :

$$g_i = \frac{I_i}{I_m} \quad R = \frac{I}{I_m}, \text{ on déduit que :}$$

R peut être considéré comme la fréquence relative d'un secteur idéal unique comprenant toute la main-d'œuvre.

#### RELATION ENTRE COEFFICIENTS DE SECTEUR.

On voit tout de suite que pour les coefficients  $s_i$  et  $g_i$ , les relations suivantes sont valables :

$$\sum s_i = 1 \quad (8)$$

$$\sum g_i = 10 \quad (9)$$

En effet, l'expression (8) est tirée de :

$$s_i = \frac{o_i}{o} \quad o_i = s_i o$$

$$\sum o_i = \sum s_i o \quad o = \sum s_i o$$

$$o = o \sum s_i \quad 1 = \sum s_i$$

L'expression (9) se tire de :

$$g_i = \frac{I_i}{I_m} = \frac{I_i}{1/10 \sum I_i} = \frac{10 I_i}{\sum I_i}$$

$$\sum g_i = \frac{\sum 10 I_i}{\sum I_i} = \frac{10 \sum I_i}{\sum I_i} = 10$$

#### RELATIONS ENTRE DONNES DU SECTEUR ET DONNES D'ENSEMBLE.

On a les relations suivantes :

$$N = \sum N_i \quad (10)$$

$$o = \sum o_i \quad (11)$$

$$I = \sum I_i s_i \quad (12)$$

$$I = R I_m \quad (13)$$

Les expressions (10) et (11) sont des définitions, l'expression (12) est tirée de :

$$I = \frac{N}{o} = \frac{\sum N_i}{o} = \sum \frac{N_i}{o} \frac{o_i}{o_i} = \sum \frac{N_i}{o_i} \frac{o_i}{o} = \sum I_i s_i$$

On peut noter encore comme valable, l'expression :

$$I_i s_i = \frac{N_i}{o} \quad (12bis)$$

L'expression (13) est tirée de :

$$s_i g_i = \frac{o_i}{o} \frac{I_i}{I_m} \quad \text{et puisque } o_i I_i = N_i$$

$$s_i g_i = \frac{N_i}{o I_m} = \frac{1}{o I_m} N_i$$

$$\sum s_i g_i = \sum \frac{N_i}{o I_m} = \frac{1}{o I_m} \sum N_i = \frac{1}{o I_m} N = \frac{N}{o I_m} = \frac{I}{I_m}$$

Et puisque  $\sum s_i g_i = R$ , il résulte que  $R = \frac{I}{I_m}$ , c'est-à-dire  $I = R I_m$ , comme cela a été annoncé au paragraphe "Coefficient R".

Tableau récapitulatif.

Ainsi analysés, les rapports entre les différents éléments de secteur et les éléments totaux, il est utile de réunir l'ensemble dans un tableau qui les rende visibles immédiatement (pour les 10 secteurs, on a indiqué ceux qui ont été adoptés par l'INAIL). Il est donné comme modèle à la fin : il suffit de le remplir avec les données numériques correspondantes à chaque année, pour voir immédiatement l'apport de chaque secteur à la formation du résultat total.

Par exemple, à la Ve colonne, apparaît clairement le mécanisme selon lequel le taux de fréquence total I se trouve égal à la somme des taux de fréquence de secteur  $I_i$  (colonne IV) chacun multiplié par un facteur  $s_i$  (colonne VI) qui est la main-d'œuvre relative ou en pourcentage par rapport au total de la main-d'œuvre.

On peut dire : que le taux total I masque les valeurs des taux de secteur  $I_i$  puisque chacun d'eux est multiplié par un coefficient différent  $s_i$  ; ainsi comme il a été dit au début, le taux total I apparaît peu utile, et même trompeur, puisqu'il ne fait pas ressortir le fait que, d'une année à l'autre, il y a des variations dans les facteurs  $s_i$ .

Note.

Pour chaque année, les  $s_i$  particuliers, peuvent varier de n'importe quelle façon ; la seule condition est que  $\sum s_i = 1$  ; en allant à la limite entre les séries infinies de valeurs théoriquement possibles pour les  $s_i$ , les séries suivantes ont une certaine valeur :

$$s_8 = 1 \text{ tous les autres } s = 0$$

$$s_3 = 1 \text{ tous les autres } s = 0$$

qui correspondent aux hypothèses (voir le tableau final) : "tous les ouvriers affectés au secteur 8, des textiles, c'est-à-dire le moins dangereux" et à "tous les ouvriers affectés au secteur 3, le bâtiment, c'est-à-dire le plus dangereux", qui donnent par conséquent les valeurs minima et maxima théoriques dans lesquelles sont contenues les variations possibles de I.

TAUX DE FREQUENCE ET TAUX DE FREQUENCE RELATIVE PAR SECTEURS.

Au contraire, les indices  $I_i$  de secteur sont vraiment représentatifs, de sorte que leur étude peut conduire à des résultats qui ont une interprétation matérielle et non pas seulement numérique. Naturellement il faut pouvoir disposer des éléments  $N_i$  et  $o_i$  des colonnes II et III.

Lorsqu'on a obtenu les indices de secteur  $I_i$  il est naturel de les comparer, c'est-à-dire de tirer des "taux de fréquence relative du secteur"  $g_i$ , par rapport à la moyenne  $I_m$  (que l'on verra plus loin). Le calcul des  $g_i = I_i/I_m$  (7e colonne) peut être utilement associé à celui des  $I_i$ , quand il est possible, pour chaque année, de mettre en relief des faits communs à tous les secteurs. Comme il s'agit des indices de second rang, la variabilité dans le temps sera pour les  $g_i$ , plus petite que pour les  $I_i$  ; ceci peut être exploité, par exemple, pour faire des prévisions et pour extrapoler .

## TAUX DE FREQUENCE MOYEN

Enfin, lorsque pour des nécessités de rapidité, il est opportun de décrire avec concision le tableau de l'évolution des accidents du travail par un seul indice au lieu de 10 indices de secteur, on peut alors recourir au "taux de fréquence moyen"  $I_m$  (4e colonne).

Celui-ci est lié à l'indice de fréquence totale  $I$  par la formule  $R = I/I_m$  (8e colonne).

### UTILISATION DE R.

Une fois préparés les tableaux annuels on peut passer aux confrontations entre des années différentes, ce qui est le but de l'enquête.

On voit ici l'importance prédominante de R.

En effet, pour deux  $I$  quelconques appelés  $I'$  et  $I''$ , on a :

$$\frac{I'}{I''} = \frac{I'_m}{I''_m} \frac{R'}{R''} \quad (14)$$

C'est-à-dire : le rapport total des 2 indices est égal au produit des 2 rapports entre les indices moyens  $I_m$  et entre les coefficients R. Par conséquent, tout en insistant sur le fait qu'il faudrait éliminer l' $I$  pour considérer seulement les  $I_i$  ou éventuellement leur  $I_m$ , on peut dire cependant : quand on persiste à calculer les  $I$ , l'expression (14) permet d'établir d'un seul coup d'œil qu'elle part de la variation du taux de fréquence total est due respectivement au facteur "variation effective du risque dans les secteurs" et au facteur "distribution de la main-d'œuvre pour les mêmes secteurs".

Le premier est donné par les taux de fréquence des secteurs  $I_i$ , compris dans le taux moyen  $I_m$  ; le second est donné par les mains-d'œuvres relatives des secteurs  $s_i$ , lesquelles se trouvent en R selon la formule (7 quinquies).

En les considérant séparément :

- il apparaît que, pour des années voisines, le rapport  $I'_m/I''_m$  aura tendance à rester pratiquement égal à 1 et, par conséquent, la plus grande partie de l'éventuelle variation de  $I$  sera recherchée dans la variation du facteur R.
- quant à  $R'/R''$  son influence se fera sentir surtout quand il y aura des variations sensibles dans un secteur quelconque.

L'exemple de l'Italie est suffisant pour démontrer que le cas peut effectivement se présenter et ainsi on peut juger de l'importance pratique des considérations qu'on a faites.

### CONFRONTATIONS INTERNATIONALES - R NATIONAUX.

Le système peut être appliqué aussi pour la comparaison des statistiques de différents pays.

L'expression (14) est toujours valable, dans laquelle le signe ' correspond à un pays et le signe '' correspond à un autre pays.

On voit que, dans ce cas,  $R'$  et  $R''$  représentent le tableau de la distribution caractéristique de la main-d'œuvre dans chacun des 2 pays et, bien que variant dans le temps, ils peuvent, pour des périodes voisines, se main-

tenir autour des valeurs caractéristiques pour chaque pays en rapport avec la structure du domaine du travail dans ce pays : par exemple, des pays essentiellement agricoles ou essentiellement industriels, des pays dont les industriels sont principalement des industries d'extraction ou des industries de transformation, des pays à structure statique ou en période de renouvellement, etc.

On pourrait même établir un tableau de comparaison des R des différents pays.

L'existence des R caractéristiques nationales étant vérifié, la nécessité semble encore plus impérieuse d'abandonner le calcul des I pour arriver à celui des  $I_m$  ou des  $I_i$ , pour lesquels, certainement, les différences seront plus petites et, de toute façon, dépendant de facteurs relatifs au problème analysé.

On pourrait, à juste titre, rétorquer que ceci n'a de valeur que si la subdivision en secteurs est la même dans les pays considérés, ce qui arrive rarement. On peut répondre que les différences, même importantes, se trouvent surtout dans les grands groupements ; et que, au contraire, les subdivisions successives sont beaucoup moins différentes. Il y a donc possibilité de choisir un grand nombre de branches d'activités semblables ou comparables entre pays et pays ; on aura ainsi certains  $I_i$  comparables et, en les regroupant, des  $I_m$  eux aussi comparables, résultat qui atteint le but désiré.

Toute difficulté dans ce sens tombera quand dans chaque pays, on aura adopté la même classification des branches d'activité (par exemple celle de l'O N U). Il semble qu'il soit permis de l'espérer étant données les initiatives en cours dans le domaine des statistiques internationales.

## CONCLUSION.

Il apparaît donc, en général, opportun :

- de toujours abandonner le taux de fréquence total I,
- pour les analyses de secteur : d'introduire les taux de fréquence de secteur  $I_i$ .
- pour les études comparées entre secteurs : d'introduire la fréquence relative de secteur,  $g_i$ .

Au total : 2 courbes pour chaque secteur.

- pour une analyse d'ensemble : d'introduire le taux de fréquence moyen des différents secteurs  $I_m$ . La courbe relative s'obtient : ou par celle des I en divisant les ordonnées de chaque année par le R correspondant, ou bien par celle des  $I_i$ , en faisant la moyenne des ordonnées.
- pour comparaisons entre les différents pays ou entre des années différentes dans le même pays : de porter une attention particulière sur R qui renferme les éléments se rapportant aux mains d'œuvre exprimées en ouvriers-années pour les différents secteurs, par rapport au total des ouvriers années pour tout le pays.

TABLE GENERALE POUR L'ANNEE

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Secteurs particuliers i	Accidents de secteur $N_i$ (1)	Main d'œuvre de secteur $O_i$ (2)	Fréquence de secteur $I_i$ $= \frac{N_i}{O_i}$ (3)	(Additifs) $I_i s_i$ $= \frac{N_i I_i}{O_i}$ (12bis)	Main d'œuvre relative de secteur $s_i$ $= \frac{O_i}{I_i}$ (5)	Fréquence relative de secteur $s_i$ $= \frac{I_i}{I_m}$ (6)	(Additifs) $s_i g_i$ $= \frac{N_i I_i}{O_i I_m}$
1 Alimentation	$N_1 = \dots$	$O_1 = \dots$	$I_1 = \dots$	$I_1 s_1 = \dots$	$s_1 = \dots$	$g_1 = \dots$	$s_1 g_1 = \dots$
2 Chimie	$N_2 = \dots$	$O_2 = \dots$	$I_2 = \dots$	$I_2 s_2 = \dots$	$s_2 = \dots$	$g_2 = \dots$	$s_2 g_2 = \dots$
3 Bâtiment	$N_3 = \dots$	$O_3 = \dots$	$I_3 = \dots$	$I_3 s_3 = \dots$	$s_3 = \dots$	$g_3 = \dots$	$s_3 g_3 = \dots$
4 Electricité	$N_4 = \dots$	$O_4 = \dots$	$I_4 = \dots$	$I_4 s_4 = \dots$	$s_4 = \dots$	$g_4 = \dots$	$s_4 g_4 = \dots$
5 Bois	$N_5 = \dots$	$O_5 = \dots$	$I_5 = \dots$	$I_5 s_5 = \dots$	$s_5 = \dots$	$g_5 = \dots$	$s_5 g_5 = \dots$
6 Mécanique	$N_6 = \dots$	$O_6 = \dots$	$I_6 = \dots$	$I_6 s_6 = \dots$	$s_6 = \dots$	$g_6 = \dots$	$s_6 g_6 = \dots$
7 Céramique	$N_7 = \dots$	$O_7 = \dots$	$I_7 = \dots$	$I_7 s_7 = \dots$	$s_7 = \dots$	$g_7 = \dots$	$s_7 g_7 = \dots$
8 Textiles	$N_8 = \dots$	$O_8 = \dots$	$I_8 = \dots$	$I_8 s_8 = \dots$	$s_8 = \dots$	$g_8 = \dots$	$s_8 g_8 = \dots$
9 Transports	$N_9 = \dots$	$O_9 = \dots$	$I_9 = \dots$	$I_9 s_9 = \dots$	$s_9 = \dots$	$g_9 = \dots$	$s_9 g_9 = \dots$
10 Entrepôts, divers	$N_{10} = \dots$	$O_{10} = \dots$	$I_{10} = \dots$	$I_{10} s_{10} = \dots$	$s_{10} = \dots$	$g_{10} = \dots$	$s_{10} g_{10} = \dots$
tous les secteurs ensemble	$= N$ accidents totaux $N = \sum N_i$ (10)	$= O$ main-d'œuvre totale $O = \sum O_i$ (11)	$= 10 I_m$ fréquence moyenne de secteur $I_m = \frac{\sum I_i}{10}$ (4)	$= I$ fréquence totale $I = \sum I_i s_i \frac{N}{O}$ (12)	$= 1$ $\sum s_i = 1$ (8)	$= 10$ $\sum g_i = 10$ (9)	$= R$ Rapport entre fréquence totale et fréquence moyenne $R = \frac{I}{I_m}$ (7) (7bis)