Échantillonnage

Chapitre 6 : Le sondage stratifié

Exercices corrigés

Jaouad Madkour
Faculté d'Économie et de Gestion de Tanger
Échantillonnage

Table des matières

Partie 1 — Énoncés 1

Partie 2 — Corrections 4

1 Exercices du chapitre

Exercice 1 — Énumérer un plan stratifié

Une coopérative regroupe six exploitations. Les trois petites cultivent 2, 4 et 6 ha ; les trois grandes, 10, 14 et 18 ha. Pour estimer la superficie moyenne, on tire 2 petites et 2 grandes exploitations, par sondage aléatoire simple dans chaque strate.

(a) Calculer $\overline{Y}$, les W_h, les $\overline{Y}_h$, les S_h^2 et S^2. L'allocation est-elle proportionnelle ?

(b) Énumérer les 9 échantillons possibles et la valeur de $\overline{y}_{st}$ pour chacun. Vérifier que $E(\overline{y}_{st}) = \overline{Y}$.

(c) Calculer $V(\overline{y}_{st})$ par énumération, puis par la formule $\sum_h W_h^2 (1 - f_h) S_h^2 / n_h$.

(d) Calculer la variance de la moyenne d'un sondage aléatoire simple de 4 exploitations parmi 6, puis l'effet de plan.

(e) Vérifier l'égalité $(N-1)\,S^2 = \sum_h (N_h - 1)\,S_h^2 + \sum_h N_h (\overline{Y}_h - \overline{Y})^2$. Quelle part de la variance totale est due aux écarts entre strates ? La comparer à $1 - \mathit{deff}$ et commenter.

Exercice 2 — Estimer à partir d'un échantillon stratifié

Un quartier de 600 ménages est partagé en trois îlots de 300, 200 et 100 ménages. On tire 12 ménages : 6, 4 et 2 dans les trois îlots. Leurs dépenses mensuelles, en milliers de dh, sont :

Îlot 1 ($N_1 = 300$)	Îlot 2 ($N_2 = 200$)	Îlot 3 ($N_3 = 100$)
5, 7, 6, 8, 4, 6	9, 11, 10, 14	18, 22

(a) Vérifier que l'allocation est proportionnelle. Calculer les $\overline{y}_h$, les s_h^2 et $\overline{y}_{st}$; comparer $\overline{y}_{st}$ à la moyenne simple des 12 ménages.

(b) Calculer $\widehat{V}(\overline{y}_{st})$, l'erreur-type et l'intervalle de confiance à 95 % par l'approximation normale.

(c) Estimer la dépense totale du quartier et son erreur-type.

(d) Un analyste traite les 12 ménages comme un sondage aléatoire simple : il calcule s^2 sur les 12 valeurs et $\widehat{V} = (1-f)\,s^2/n$. Faire ce calcul. Pourquoi cette formule surestime-t-elle la variance de $\overline{y}_{st}$?

Exercice 3 — Stratifier pour une proportion

Une commune compte 4 000 ménages : 2 400 en zone urbaine, dont 80 % sont raccordés au réseau d'eau potable à domicile, et 1 600 en zone rurale, dont 30 % (chiffres inventés). On interroge 400 ménages.

(a) Calculer la proportion P de ménages raccordés. Vérifier la décomposition $P(1-P) = \sum_h W_h P_h (1 - P_h) + \sum_h W_h (P_h - P)^2$ et interpréter ses deux termes.

(b) Avec l'allocation proportionnelle, calculer les n_h, puis la variance de $\widehat{P}_{st} = \sum_h W_h \widehat{P}_h$, avec $S_h^2 = \frac{N_h}{N_h - 1} P_h (1 - P_h)$. Comparer à un sondage aléatoire simple de 400 ménages (erreurs-types, marges à 95 %, effet de plan).

(c) Quelle taille n' faudrait-il à un sondage aléatoire simple pour atteindre la même variance ? (Résoudre $\left(\frac{1}{n'} - \frac{1}{N}\right) S^2 = V_{prop}$.)

(d) Que deviendrait le gain si les deux zones avaient le même taux de raccordement ?

2 Exercice cumulatif (chapitres 6, 5, 4, 3 et 2)

Exercice 4 — Stratifier la population du cours

On reprend la population du cours : $N = 2\,000$ ménages, $\overline{Y} = 7\,911{,}44$ dh, $S = 3\,984{,}29$ dh, et ses quatre provinces :

Province	Tanger-Assilah	Tétouan	Larache	Al Hoceïma
N_h	820	560	380	240
$\overline{Y}_h$ (dh)	8 621,04	8 145,93	7 254,97	5 979,21
S_h (dh)	4 271,19	3 873,11	3 593,17	2 899,90

(a) (*Chapitre 3.*) Calculer la variance et l'erreur-type de $\overline{y}$ pour un sondage aléatoire simple de $n = 200$ ménages.

(b) (*Chapitre 6.*) Même question pour un sondage stratifié par province, à allocation proportionnelle. Calculer l'effet de plan.

(c) (*Chapitre 5.*) On veut une marge d'erreur de ± 500 dh à 95 %. Calculer la taille nécessaire pour un sondage aléatoire simple, $n_0 = (1{,}96\,S/e)^2$ puis $n = n_0/(1 + n_0/N)$, et pour le sondage stratifié proportionnel, où S^2 est remplacé par $\sum_h W_h S_h^2$.

(d) (*Chapitre 2.*) Comme au chapitre 1, on tire 50 ménages dans chaque province. Calculer la variance de $\overline{y}_{st}$. Calculer l'espérance, le biais, la variance et l'erreur quadratique moyenne de la moyenne *non pondérée* des 200 ménages, $\frac{1}{4}\sum_h \overline{y}_h$. Quel estimateur préférer ?

(e) (*Chapitre 4.*) La part des ménages connectés à internet vaut $P_h = 0{,}4342$ chez les 562 ruraux et $0{,}7677$ chez les 1 438 urbains. Pour $n = 200$ ménages stratifiés par milieu à allocation proportionnelle, calculer l'erreur-type de $\widehat{P}_{st}$ et celle du nombre estimé de ménages connectés. Comparer à l'erreur-type de 62,9 ménages obtenue au chapitre 4 en aléatoire simple.

3 Applications en sciences économiques

Exercice 5 — Le revenu des exploitations agricoles

Une direction provinciale de l'agriculture veut estimer le revenu agricole annuel moyen des 2 000 exploitations d'une province du Nord. Elle les classe selon la superficie : 1 200 petites (moins de 5 ha), 600 moyennes (de 5 à 20 ha) et 200 grandes (plus de 20 ha). Elle interroge 60 petites, 30 moyennes et 10 grandes exploitations, tirées au hasard dans chaque classe. Résultats (chiffres inventés, en milliers de dh) :

Classe	Petites	Moyennes	Grandes
n_h	60	30	10
Revenu moyen $\overline{y}_h$	45	120	480
Écart-type s_h	15	40	210

(a) Vérifier que l'allocation est proportionnelle. Estimer le revenu moyen et le revenu total des exploitations de la province.

(b) Calculer l'erreur-type et l'intervalle de confiance à 95 % du revenu moyen, puis du revenu total.

(c) Quelle classe fournit l'essentiel de la variance ? Que suggère ce résultat pour répartir l'échantillon ?

(d) Estimer S^2 par la décomposition $S^2 \approx \sum_h W_h s_h^2 + \sum_h W_h(\overline{y}_h - \overline{y}_{st})^2$, puis la variance qu'aurait eue un sondage aléatoire simple de 100 exploitations. Quel est l'effet de plan estimé ? Pourquoi est-il si faible ?

Exercice 6 — Le paiement électronique chez les commerçants

Une chambre de commerce veut connaître la part des 5 000 commerces d'une ville qui acceptent le paiement par carte. Elle les classe en trois secteurs, alimentation (3 000), habillement (1 200) et services (800), et interroge 100 commerces tirés au hasard dans chaque secteur. Les parts observées sont 22 %, 45 % et 70 % (chiffres inventés).

(a) Calculer la probabilité d'inclusion et le poids d'un commerce de chaque secteur. L'échantillon est-il autopondéré ?

(b) Estimer la part des commerces qui acceptent la carte, et la comparer à la moyenne non pondérée des trois parts. Laquelle retenir ?

(c) Calculer $\widehat{V}(\widehat{P}_{st}) = \sum_h W_h^2 (1 - f_h) \dfrac{p_h(1-p_h)}{n_h - 1}$, l'erreur-type et l'intervalle de confiance à 95 %. En déduire une estimation du nombre de commerces concernés et son intervalle.

(d) Calculer la marge d'erreur à 95 % de chaque part sectorielle, puis celle qu'on aurait obtenue avec l'allocation proportionnelle des 300 commerces (à parts p_h inchangées). Pourquoi la chambre a-t-elle choisi 100 commerces par secteur ?

1 Exercices du chapitre

Correction — Exercice 1

(a) $\overline{Y} = 54/6 = 9$ ha ; $W_1 = W_2 = 3/6 = 0{,}5$; $\overline{Y}_1 = 12/3 = 4$ et $\overline{Y}_2 = 42/3 = 14$. Petites : écarts -2, 0, 2, d'où $S_1^2 = 8/2 = 4$; grandes : écarts -4, 0, 4, d'où $S_2^2 = 32/2 = 16$. Écarts à 9 : -7, -5, -3, 1, 5, 9 ; somme des carrés $49 + 25 + 9 + 1 + 25 + 81 = 190$ et $S^2 = 190/5 = 38$. L'allocation est proportionnelle : $n\,W_h = 4 \times 0{,}5 = 2 = n_h$, et $f_h = 2/3 = f$ dans les deux strates.
(b) Les moyennes des paires de petites valent 3, 4, 5 ; celles des grandes, 12, 14, 16. Chacun des $3\times3 = 9$ échantillons a la probabilité 1/9, et $\overline{y}_{st} = \frac{1}{2}\overline{y}_1 + \frac{1}{2}\overline{y}_2$:

	$\overline{y}_2 = 12$	$\overline{y}_2 = 14$	$\overline{y}_2 = 16$
$\overline{y}_1 = 3$	7,5	8,5	9,5
$\overline{y}_1 = 4$	8	9	10
$\overline{y}_1 = 5$	8,5	9,5	10,5

La somme des neuf valeurs vaut 81 : $E(\overline{y}_{st}) = 81/9 = 9 = \overline{Y}$.
(c) Carrés des écarts à 9 : 2,25 ; 0,25 ; 0,25 ; 1 ; 0 ; 1 ; 0,25 ; 0,25 ; 2,25, de somme 7,5. D'où $V(\overline{y}_{st}) = 7{,}5/9 = 5/6 = 0{,}833$. Par la formule :

$$V(\overline{y}_{st}) = 0{,}25 \times \tfrac{1}{3} \times \tfrac{4}{2} + 0{,}25 \times \tfrac{1}{3} \times \tfrac{16}{2} = \tfrac{1}{6} + \tfrac{2}{3} = \tfrac{5}{6} = 0{,}833.$$

(d) Il y a $\binom{6}{4} = 15$ échantillons aléatoires simples, et $V(\overline{y}) = (1 - \frac{4}{6}) \times \frac{38}{4} = \frac{19}{6} = 3{,}167$. Effet de plan : $deff = \frac{5/6}{19/6} = \frac{5}{19} = 0{,}263$. Stratifier divise la variance par près de quatre.
(e) Intra : $2\times4 + 2\times16 = 40$; inter : $3\times(4-9)^2 + 3\times(14-9)^2 = 75 + 75 = 150$; total $40 + 150 = 190 = (N-1)\,S^2$. La part inter vaut $150/190 = 78{,}9\,\%$: les deux strates sont très différentes, et c'est cette part que la stratification supprime. Ici $1 - deff = 0{,}737$, un peu moins que 0,789 : avec l'allocation proportionnelle, $deff = \sum_h W_h S_h^2 / S^2 = 10/38$ exactement, alors que la part intra vaut 40/190. L'approximation $N_h - 1 \approx N_h$ du cours est grossière sur une population de six unités ; elle devient excellente sur 2 000 ménages.

Correction — Exercice 2

(a) $n\,W_h = 12 \times \frac{300}{600} = 6$, $12 \times \frac{200}{600} = 4$ et $12 \times \frac{100}{600} = 2$: l'allocation est proportionnelle, avec $f_h = f = 12/600 = 0{,}02$.

- Îlot 1 : $\overline{y}_1 = 36/6 = 6$; écarts -1, 1, 0, 2, -2, 0 ; $s_1^2 = 10/5 = 2$.
- Îlot 2 : $\overline{y}_2 = 44/4 = 11$; écarts -2, 0, -1, 3 ; $s_2^2 = 14/3 = 4{,}667$.
- Îlot 3 : $\overline{y}_3 = 40/2 = 20$; écarts -2, 2 ; $s_3^2 = 8/1 = 8$.

$\overline{y}_{st} = \frac{1}{2}\times6 + \frac{1}{3}\times11 + \frac{1}{6}\times20 = 3 + 3{,}667 + 3{,}333 = 10$ milliers de dh. La moyenne simple des 12 ménages vaut $120/12 = 10$: c'est la même, car l'échantillon est autopondéré.
(b) $\sum_h W_h s_h^2 = \frac{1}{2}\times2 + \frac{1}{3}\times\frac{14}{3} + \frac{1}{6}\times8 = 1 + 1{,}556 + 1{,}333 = 3{,}889$, d'où

$$\widehat{V}(\overline{y}_{st}) = \frac{1-f}{n}\sum_h W_h s_h^2 = \frac{0{,}98}{12} \times 3{,}889 = 0{,}3176, \qquad \text{erreur-type } 0{,}564.$$

Intervalle à 95 % : $10 \pm 1{,}96 \times 0{,}564 = 10 \pm 1{,}105$, soit [8,90 ; 11,10] milliers de dh. Avec 12 ménages, dont 2 seulement dans l'îlot 3, l'approximation normale est fragile : l'intervalle est indicatif.
(c) $\widehat{Y}_{st} = N\,\overline{y}_{st} = 600 \times 10 = 6\,000$ milliers de dh, soit 6 millions de dh par mois ; erreur-type $600 \times 0{,}564 = 338{,}1$ milliers de dh.
(d) Écarts des 12 valeurs à 10 : -5, -3, -4, -2, -6, -4, -1, 1, 0, 4, 8, 12 ; somme des carrés 332 ; $s^2 = 332/11 = 30{,}18$. D'où $\widehat{V} = 0{,}98 \times 30{,}18/12 = 2{,}465$ et une erreur-type de 1,570 : près de huit fois la variance stratifiée. La dispersion s^2 mêle les écarts *entre* îlots (de 6 à 20 milliers de dh) aux écarts à l'intérieur des îlots. Or le plan stratifié prend toujours 6, 4 et 2 ménages dans les trois îlots : les écarts entre îlots ne font pas varier $\overline{y}_{st}$. Seuls les s_h^2 doivent entrer dans la variance.

Correction — Exercice 3

(a) $W_u = 0{,}6$, $W_r = 0{,}4$; $P = 0{,}6 \times 0{,}8 + 0{,}4 \times 0{,}3 = 0{,}48 + 0{,}12 = 0{,}60$ et $P(1-P) = 0{,}24$. Intra : $0{,}6 \times 0{,}8 \times 0{,}2 + 0{,}4 \times 0{,}3 \times 0{,}7 = 0{,}096 + 0{,}084 = 0{,}18$. Inter : $0{,}6 \times 0{,}2^2 + 0{,}4 \times 0{,}3^2 = 0{,}024 + 0{,}036 = 0{,}06$. La somme vaut bien 0,24. Un quart de la dispersion vient de l'écart entre les deux zones ; trois quarts, des différences entre ménages d'une même zone.

(b) $n_u = 400 \times 0{,}6 = 240$ et $n_r = 160$; $f = 0{,}1$. $S_u^2 = \frac{2\,400}{2\,399} \times 0{,}16 = 0{,}16007$ et $S_r^2 = \frac{1\,600}{1\,599} \times 0{,}21 = 0{,}21013$, d'où

$$V_{prop} = \frac{0{,}9}{400}\,(0{,}6 \times 0{,}16007 + 0{,}4 \times 0{,}21013) = 0{,}00225 \times 0{,}180093 = 0{,}000405,$$

soit une erreur-type de 0,0201 et une marge de $\pm 3{,}9$ points. En aléatoire simple, $S^2 = \frac{4\,000}{3\,999} \times 0{,}24 = 0{,}24006$, $V = 0{,}00225 \times 0{,}24006 = 0{,}000540$, erreur-type 0,0232, marge $\pm 4{,}6$ points. Effet de plan : 0,750, proche de la part intra $0{,}18/0{,}24 = 0{,}75$.

(c) $\frac{1}{n'} = \frac{V_{prop}}{S^2} + \frac{1}{N} = 0{,}0016879 + 0{,}00025 = 0{,}0019379$, d'où $n' = 516$ ménages. Un sondage aléatoire simple devrait interroger 29 % de ménages de plus pour la même précision.

(d) Si $P_u = P_r = P$, la part inter est nulle : $\sum_h W_h P_h (1 - P_h) = P(1-P)$ et l'effet de plan vaut 1. Stratifier ne fait alors rien perdre (avec l'allocation proportionnelle), mais ne fait rien gagner : le gain vient entièrement des écarts entre strates.

2 Exercice cumulatif (chapitres 6, 5, 4, 3 et 2)

Correction — Exercice 4

Les calculs sont menés avec les valeurs exactes de la population ; les valeurs arrondies de l'énoncé donnent les mêmes résultats à quelques dixièmes près.

(a) $f = 0{,}1$ et $S^2 = 15\,874\,548$: $V(\bar{y}) = \frac{0{,}9}{200} \times 15\,874\,548 = 71\,435{,}5$, erreur-type 267,3 dh.

(b) $n_h = 200\,W_h$: 82, 56, 38 et 24 ménages. $\sum_h W_h S_h^2 = 7\,479\,671 + 4\,200\,279 + 2\,453\,070 + 1\,009\,128 = 15\,142\,148$, d'où $V_{prop} = 0{,}0045 \times 15\,142\,148 = 68\,139{,}7$ et une erreur-type de 261,0 dh. *deff* $= 15\,142\,148/15\,874\,548 = 0{,}954$: un gain de 4,6 % sur la variance.

(c) Aléatoire simple : $n_0 = (1{,}96 \times 3\,984{,}29/500)^2 = 243{,}9$ et $n = 243{,}9/(1 + 243{,}9/2\,000) = 217{,}4$. Stratifié : $n_0 = 1{,}96^2 \times 15\,142\,148/500^2 = 3{,}8416 \times 60{,}569 = 232{,}7$ et $n = 232{,}7/(1 + 232{,}7/2\,000) = 208{,}4$. La stratification économise environ 9 questionnaires, soit 4 % : c'est l'effet de plan qui joue le rôle d'un multiplicateur de la taille.

(d) Avec 50 ménages par province, $f_h = 50/N_h$ varie et

$$V(\bar{y}_{st}) = \sum_h W_h^2 (1 - f_h) \frac{S_h^2}{50} = 57\,593{,}5 + 21\,421{,}4 + 8\,095{,}1 + 1\,917{,}3 = 89\,027{,}4,$$

erreur-type 298,4 dh, effet de plan 1,246 : ce plan est *moins* précis qu'un sondage aléatoire simple, car il surreprésente les petites provinces. La moyenne non pondérée a pour espérance $\frac{1}{4}\sum_h \bar{Y}_h = 7\,500{,}29$ dh : biais $-411{,}15$ dh. Sa variance vaut $\sum_h \frac{1}{16}(1 - f_h)\frac{S_h^2}{50} = 60\,827{,}3$, plus faible, mais son erreur quadratique moyenne est $EQM = 60\,827{,}3 + 411{,}15^2 = 60\,827{,}3 + 169\,042{,}8 \approx 229\,870$, soit une erreur typique de 479,4 dh. Celle de $\bar{y}_{st}$, sans biais, est sa variance : 89 027,4 (298,4 dh). On préfère $\bar{y}_{st}$: le biais de la moyenne brute pèse bien plus que le gain de variance.

(e) $S_h^2 = \frac{N_h}{N_h - 1} P_h (1 - P_h)$: 0,24610 (rural) et 0,17844 (urbain). $\sum_h W_h S_h^2 = 0{,}281 \times 0{,}24610 + 0{,}719 \times 0{,}17844 = 0{,}06916 + 0{,}12830 = 0{,}19746$, d'où $V(\widehat{P}_{st}) = 0{,}0045 \times 0{,}19746 = 0{,}000889$ et une erreur-type de 0,0298, contre 0,0315 en aléatoire simple ($deff = 0{,}898$). Le nombre estimé de ménages connectés, $N\widehat{P}_{st}$, a une erreur-type de $2\,000 \times 0{,}0298 = 59{,}6$ ménages, contre 62,9. Le milieu sert mieux la proportion de ménages connectés que la dépense, car les taux de connexion diffèrent beaucoup entre milieux.

3 Applications en sciences économiques

Correction — Exercice 5

(a) $W_h = 0{,}6$, 0,3 et 0,1 ; $100\,W_h = 60$, 30 et 10 : l'allocation est proportionnelle ($f_h = 0{,}05$). Revenu moyen : $\overline{y}_{st} = 0{,}6 \times 45 + 0{,}3 \times 120 + 0{,}1 \times 480 = 27 + 36 + 48 = 111$ milliers de dh. Revenu total : $2\,000 \times 111 = 222\,000$ milliers de dh, soit 222 millions de dh.
(b) $\sum_h W_h s_h^2 = 0{,}6 \times 225 + 0{,}3 \times 1\,600 + 0{,}1 \times 44\,100 = 135 + 480 + 4\,410 = 5\,025$. D'où $\widehat{V}(\overline{y}_{st}) = \frac{0{,}95}{100} \times 5\,025 = 47{,}74$, erreur-type 6,91 milliers de dh, intervalle $111 \pm 13{,}5 = [97{,}5\,;124{,}5]$. Pour le total : erreur-type $2\,000 \times 6{,}91 = 13\,818$ milliers de dh, intervalle [194,9 ; 249,1] millions de dh.
(c) Les grandes exploitations fournissent $4\,410/5\,025 = 87{,}8\,\%$ de $\sum_h W_h s_h^2$, alors qu'elles ne sont que 10 % des exploitations : leurs revenus sont très dispersés. Il serait plus efficace d'en interroger davantage, quitte à interroger moins de petites exploitations, plus homogènes : c'est l'allocation de Neyman (chapitre 7).
(d) Inter : $0{,}6\times(45-111)^2+0{,}3\times(120-111)^2+0{,}1\times(480-111)^2 = 2\,613{,}6+24{,}3+13\,616{,}1 = 16\,254$. D'où $\hat{S}^2 \approx 5\,025+16\,254 = 21\,279$, et un sondage aléatoire simple de 100 exploitations aurait eu une variance d'environ $0{,}0095 \times 21\,279 = 202{,}2$ (erreur-type 14,2). Effet de plan estimé : $5\,025/21\,279 = 0{,}236$. Les revenus moyens des trois classes vont de 45 à 480 milliers de dh : les trois quarts de la dispersion sont *entre* classes, et la stratification les supprime. C'est pourquoi les enquêtes agricoles stratifient presque toujours selon la superficie.

Correction — Exercice 6

(a) Alimentation : $\pi_k = 100/3\,000 = 0{,}033$, poids 30. Habillement : $100/1\,200 = 0{,}083$, poids 12. Services : $100/800 = 0{,}125$, poids 8. Les poids diffèrent : l'échantillon n'est pas autopondéré.
(b) $W_h = 0{,}6$, 0,24, 0,16 ; $\widehat{P}_{st} = 0{,}6 \times 0{,}22 + 0{,}24 \times 0{,}45 + 0{,}16 \times 0{,}70 = 0{,}132 + 0{,}108 + 0{,}112 = 0{,}352$. La moyenne non pondérée des trois parts vaut 0,457 : elle donne aux services, 16 % des commerces, un tiers du poids, et surestime de 10,5 points. On retient 0,352.
(c) Les trois termes de la variance valent

$$0{,}36 \times \tfrac{29}{30} \times \tfrac{0{,}22\times0{,}78}{99} = 0{,}000603, \quad 0{,}0576 \times \tfrac{11}{12} \times \tfrac{0{,}45\times0{,}55}{99} = 0{,}000132, \quad 0{,}0256 \times \tfrac{7}{8} \times \tfrac{0{,}70\times0{,}30}{99} = 0{,}000048,$$

soit $\widehat{V} = 0{,}000783$, une erreur-type de 0,028 et un intervalle $0{,}352 \pm 0{,}055 = [0{,}297\,;0{,}407]$. Nombre de commerces : $5\,000 \times 0{,}352 = 1\,760$, erreur-type 140, intervalle $[1\,486\,;2\,034]$.
(d) Avec 100 commerces par secteur, les marges sectorielles valent $\pm 8{,}0$ points (alimentation), $\pm 9{,}4$ (habillement) et $\pm 8{,}4$ (services). Avec l'allocation proportionnelle (180, 72 et 48 commerces), elles vaudraient $\pm 5{,}9$, $\pm 11{,}2$ et $\pm 12{,}7$ points, pour une erreur-type globale un peu plus faible (0,025 au lieu de 0,028). La chambre veut publier un résultat *par secteur* : l'allocation égale lui garantit une précision voisine dans chacun, au prix d'une légère perte sur l'ensemble. Le chapitre 7 traite ce compromis.