

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

A. VESSEREAU

Contribution à l'étude des erreurs de mesure dans l'industrie papetière

Revue de statistique appliquée, tome 9, n° 1 (1961), p. 53-62

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1961__9_1_53_0

© Société française de statistique, 1961, 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/>

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES ERREURS DE MESURE DANS L'INDUSTRIE PAPETIÈRE

par A. VESSEREAU
Ingénieur en Chef des Manufactures de l'État

Cette étude a pour origine une enquête effectuée par le Centre Technique de l'Industrie des papiers, cartons et celluloses, auprès des usines productrices et des entreprises consommatrices de papier. Le Centre Technique a bien voulu nous communiquer les résultats de cette enquête, et nous autoriser à les utiliser dans une communication qui fut présentée à la 32ème session de l'Institut International de Statistique (Tokio, juin 1960), section des "Applications industrielles"; il nous autorise maintenant à présenter cette communication aux lecteurs de la Revue de Statistique Appliquée.

Nous sommes donc doublement reconnaissants au Centre Technique de l'Industrie des papiers, cartons et celluloses, et nous lui adressons nos sincères remerciements en la personne de son Directeur Général Monsieur J. Fauveau.

I - OBJET DE L'ENQUETE -

Facteurs de variabilité et normalisation

Les facteurs de variabilité qui peuvent affecter le résultat d'une mesure sont nombreux - On distingue généralement :

a) La précision, liée à un appareil et à un mode opératoire : elle se détermine en répétant la mesure sur la même éprouvette ou sur des éprouvettes aussi identiques que possible.

b) Les écarts qui apparaissent lorsqu'on change l'opérateur , l'appareil ou les conditions opératoires.

Lorsque le résultat doit être utilisé pour le contrôle d'un lot, il faut ajouter

c) Les fluctuations dues à l'échantillonnage.

Le but de la normalisation est de fixer la précision (a) à une valeur aussi élevée que possible (stabilisation de l'écart-type à une valeur aussi faible que possible) et de réduire au maximum les écarts (b) - théoriquement de les annuler -.

La normalisation comporte :

- la définition de la caractéristique à mesurer;
- la description détaillée de l'appareil;
- la description des conditions d'exécution.

La plupart des caractéristiques mesurables du papier ont fait l'objet de normes établies par l'Association Française de Normalisation (AFNOR).

Enquête concernant le papier

Le Centre Technique de l'Industrie des papiers, cartons et celluloses s'est préoccupé récemment de savoir jusqu'à quel point ces normes étaient appliquées, de connaître la variabilité effective de mesures normalisées, de comparer mesures normalisées et mesures non normalisées.

L'enquête a porté sur 29 Laboratoires de Papeteries ou de Services de contrôle d'industries consommatrices de papier. Les caractéristiques étudiées ont été les suivantes :

Caractéristiques C	{	Résistance à l'éclatement (moyenne des 2 faces de l'éprouvette)
		Blancheur - sur chacune des faces A et B de l'éprouvette
		Lissé - sur chacune des faces A et B de l'éprouvette
		Résistance à la traction - sens machine et sens travers
		Allongement de rupture - sens machine et sens travers

Elles ont été mesurées par la totalité ou une partie des 29 laboratoires sur 10 éprouvettes de chacune des 5 sortes suivantes :

Papier P	{	Journal 1
		Journal 2
		Blanc surglacé
		Kraft 1
		Kraft 2

choisies de façon à couvrir une gamme étendue de valeurs moyennes des caractéristiques étudiées. Toutefois, pour une raison bien évidente, la blancheur et le lissé n'ont pas été mesurés sur les papiers kraft.

Toutes les éprouvettes ont été préparées par le Centre Technique de l'Industrie du papier de façon à réduire au maximum les différences d'échantillonnage entre les séries expédiées aux fins de mesure aux différents Laboratoires : découpage dans un rouleau étroit pour que seule intervienne la variabilité sens longueur, et choix strictement au hasard des différentes séries dans l'ensemble des éprouvettes découpées.

Chaque Laboratoire a été invité à faire connaître de façon détaillée les conditions d'exécution des mesures - entre autres :

- température et hygrométrie du Laboratoire (les mesures de résistance à la traction et à l'éclatement doivent s'effectuer en atmosphère conditionnée à 20° et 65% d'hygrométrie);
- type d'appareil et ses caractéristiques essentielles (par exemple: surface d'épreuve pour la résistance à l'éclatement);
- nature de la commande - manuelle ou électrique.

Tous les renseignements ont été centralisés au Centre Technique de l'Industrie du papier qui a effectué le dépouillement des résultats et exécuté la plupart des calculs statistiques.

Analyse des résultats

On s'est aperçu que beaucoup de Laboratoires n'avaient pas appliqué la totalité des conditions imposées par les normes. On a donc séparé les Laboratoires en deux groupes suivant que les essais avaient été effectués dans des conditions normalisées ou non normalisées; ces groupes ne comprennent pas les mêmes laboratoires suivant que l'on considère telle ou telle des caractéristiques étudiées.

Chacun des k laboratoires L_i ($i = 1, 2, \dots, k$) d'un même groupe G a fourni $n = 10$ mesures x_{ij} ($j = 1, 2, \dots, 10$) pour une même caractéristique d'un même papier (éventuellement de la même face de ce papier) : par exemple 10 mesures de lissé sur la face référencée A du papier blanc surglacé.

On a calculé, pour chaque laboratoire L_i :

$$\text{Laboratoire } L_i \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{la moyenne arithmétique } \bar{x}_i = \frac{\sum_j x_{ij}}{n} \\ \text{l'écart-type } s_i = \sqrt{\frac{\sum_j (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{n - 1}} \end{array} \right.$$

et pour l'ensemble des k laboratoires du groupe G :

$$\text{Groupe } G \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{la moyenne générale } \bar{x} = \frac{\sum_i \bar{x}_i}{k} \\ \text{l'écart-type moyen } \sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_i s_i^2}{k}} \\ \text{l'écart-type des moyennes } \sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2}{k - 1}} \end{array} \right.$$

Les quantités s_i ainsi que la quantité σ_i peuvent être considérées comme caractérisant la précision des mesures (l'indice I signifie "intérieur" à un laboratoire).

Les questions que l'on est amené à se poser sont (entre autres) les suivantes :

Question 1 - Les caractéristiques $(\bar{x}, \sigma_i, \sigma_{\bar{x}})$ diffèrent-elle entre le groupe des laboratoires normalisés et le groupe des laboratoires non normalisés ?

Question 2 - A l'intérieur d'un groupe, les écarts-types s_i des différents laboratoires constituent-ils un ensemble statistiquement homogène ? La réponse sera toujours négative, ce qui enlève une certaine valeur à l'écart-type moyen σ_i , que l'on conservera cependant faute de mieux.

Question 3 - A l'intérieur d'un groupe, y a-t-il des différences significatives

entre les moyennes $\bar{x}_i$ obtenues par les différents laboratoires (compte tenu de la valeur de l'écart-type σ_i) ? La réponse sera toujours positive.

Cette constatation conduit à introduire une "variance entre laboratoires" (d'un même groupe), et l'écart-type correspondant. Celui-ci, désigné par σ_E , (E, initiale de "entre" laboratoires) se calcule par :

$$\sigma_E^2 = \sigma_{\bar{x}}^2 - \frac{\sigma_i^2}{n}$$

(Il n'est pas besoin d'insister sur le fait que les écarts-types calculés sont des estimations, et que la relation précédente n'est exacte qu'en espérances mathématiques).

En réalité, l'écart-type σ_E dépend, non seulement des écarts entre laboratoires, mais aussi des différences qui peuvent exister entre les échantillons qui leur ont été soumis. Cette remarque amène la question suivante :

Question 4 - Est-il possible d'éliminer l'effet "échantillon" dans les différences entre laboratoires ? Si l'on peut, même approximativement, mesurer la différence effective ou systématique entre deux laboratoires, cela permettra de corriger leurs résultats, ou d'envisager les mesures à prendre pour obtenir une meilleure concordance.

Le plan qui vient d'être tracé sera suivi dans le paragraphe suivant pour l'étude de la résistance à l'éclatement, de la blancheur et du lissé. Les résultats concernant la résistance à la traction et l'allongement de rupture n'ont pas encore été complètement dépouillés; d'ailleurs l'objet de cette note est de tracer une méthode d'analyse et de dégager quelques conclusions générales, plutôt que de donner de nombreuses valeurs numériques.

II - ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS

Résistance à l'éclatement

C'est la résistance limite d'une éprouvette de papier soumise jusqu'à rupture à une pression uniformément répartie, exercée perpendiculairement à sa surface. La pression, exercée par un liquide (glycérine) est transmise par une membrane de caoutchouc en contact avec le papier durant toute la durée de l'essai.

Sorte	Conditions	NBRE DE LAB.	$\bar{x}$	σ_i	$\sigma_{\bar{x}}$	σ_E	$\frac{\sigma_i}{\bar{x}}$	$\frac{\sigma_E}{\bar{x}}$
Journal 2	normalisées	14	0,446	0,032	0,085	0,084	6,9%	18,0%
	non normalisées	10	0,502	0,034	0,060	0,059	6,8%	11,8%
Journal 1	normalisées	15	0,686	0,059	0,097	0,095	8,6%	13,8%
	non normalisées	10	0,707	0,059	0,063	0,060	8,3%	8,5%
Blanc surglacé	normalisées	15	0,886	0,054	0,093	0,091	6,1%	10,3%
	non normalisées	10	0,897	0,048	0,066	0,064	5,4%	7,1%
Kraft 1	normalisées	16	3,711	0,165	0,211	0,204	4,4%	5,5%
	non normalisées	11	3,687	0,171	0,346	0,342	4,6%	9,3%
Kraft 2	normalisées	16	4,177	0,205	0,329	0,322	4,9%	7,7%
	non normalisées	11	4,113	0,203	0,413	0,408	4,9%	9,9%

1/ Pour aucun des papiers on ne constate de différences nettes ou systématiques entre le groupe des laboratoires normalisés et le groupe non normalisé.

2/ Dans le groupe normalisé, sur 76 écarts-types s_i , 12 dépassent les limites de confiance à 95%, calculées à partir des écarts-types moyens σ_i ; dans le groupe non normalisé, ce dépassement est constaté 4 fois sur 52. Sauf dans un cas, les dépassements sont peu importants, ce qui permet d'accorder une assez bonne confiance aux valeurs moyennes σ_i .

3/ Les différences entre laboratoires d'un même groupe sont toujours hautement significatives.

Si ces différences ont un caractère systématique, on doit constater une corrélation positive dans les moyennes obtenues pour les différentes sortes de papier. Cependant, étant données les valeurs moyennes très différentes des 5 sortes étudiées, il est indiqué d'examiner d'une part le journal 1, le journal 2 et blanc surglacé (résistances comprises entre 0,450 et 0,900), d'autre part les deux kraft (résistances comprises entre 3,7 et 4,2); ces deux séries sont d'ailleurs mesurées sur des manomètres différents.

Dans le tableau ci-dessous on a indiqué, pour chaque laboratoire normalisé l'écart (multiplié par 10^3) entre sa moyenne $\bar{x}_i$ et la moyenne générale $\bar{x}$ pour le papier considéré.

Moyennes ($\bar{x}_i - \bar{x}$)

Labo- ratoire n°	Journal 2	Journal 1	Blanc surglacé	Moyenne λ_i	Kraft 1	Kraft 2	Moyenne λ_i
1	- 1	- 36	- 28	- 22	-266	-364	-315
2	+ 39	+ 67	+ 35	+ 47	-276	-251	-263
4	- 40	- 91	- 98	- 76	+ 29	- 41	- 6
5	-	+ 91	+117	+104	+ 4	+ 54	+ 29
6	- 74	-122	-132	-109	-441	-566	-503
7	+ 8	- 26	0	- 6	+ 9	- 36	- 13
8	+ 56	+ 63	+ 31	+ 50	+103	+178	+140
11	+ 84	+110	+ 85	+ 93	+166	+ 79	+122
12	+174	+159	+160	+164	+144	-106	+ 19
14	+ 36	+ 51	- 8	+ 26	+ 66	-126	- 30
16	+ 34	- 29	- 60	- 18	- 79	-106	- 92
17	-108	-186	-170	-155	- 57	-163	-110
19	-	-	-	-	-196	-176	-186
20	- 74	- 62	+ 15	- 40	+289	+357	+323
21	-157	- 73	- 37	- 89	+178	+736	+457
24	+ 23	+ 79	+101	+ 68	+311	+546	+428
Moy.	0	0	0	0	0	0	0

La corrélation entre les séries de résultats apparaît nettement. Dans les dernières colonnes du tableau, la moyenne λ_i peut être considérée comme une estimation du facteur propre au laboratoire L_i (pour les papiers de faible résistance d'une part, de forte résistance d'autre part).

En supposant que ces nombres aient été connus, on aurait pu corriger les moyennes $\bar{x}_i$, les valeurs corrigées étant $\bar{x}'_i = \bar{x}_i - \lambda_i$. Ces valeurs figurent dans le tableau ci-après :

$$\text{Moyennes corrigées } \bar{x}'_i - \bar{x} = (\bar{x}_i - \bar{x}) - \lambda_i$$

Labo- ratoire n°	Journal 2	Journal 1	Blanc surglacé	MOYENNE	Kraft 1	Kraft 2	MOYENNE
1	+21	-14	- 6	0	+ 49	- 49	0
2	- 8	+20	-12	0	- 13	+ 12	0
3	+36	-15	-22	0	+ 35	- 35	0
5	-	-13	+13	0	- 25	+ 25	0
6	+35	-13	-23	0	+ 62	- 63	0
7	+14	-20	+ 6	0	+ 22	- 23	0
8	+ 6	+13	-19	0	- 37	+ 38	0
11	- 9	+17	- 8	0	+ 44	- 43	0
12	+10	- 5	- 4	0	+125	-125	0
14	+10	+25	-34	0	+ 96	- 96	0
16	+52	-11	-42	0	+ 13	- 14	0
17	+47	-31	-15	0	+ 53	- 53	0
19	-	-	-	0	- 10	+ 10	0
20	-34	-22	+55	0	- 34	+ 34	0
21	-68	+16	+52	0	-279	+279	0
24	-45	+11	+33	0	-117	+118	0
Moy.	0	0	0	0	0	0	0

Les $\bar{x}'_i$ sont beaucoup moins dispersés que les $\bar{x}_i$. Leur écart-type $\sigma_{\bar{x}'}$ est indiqué ci-dessous, et rapproché de l'écart-type $\sigma_{\bar{x}}$ (dans l'unité initiale).

Sorte de papier	$\sigma_{\bar{x}'}$	$\sigma_{\bar{x}}$
Journal 2	0,085	0,053
Journal 1	0,097	0,018
Blanc surglacé	0,093	0,029
Kraft 1	0,211	0,094
Kraft 2	0,329	0,094

Le tableau ci-après résume l'analyse des résultats pour le groupe des laboratoires normalisés (avec $\sigma_l^2 = \sigma_{\bar{x}}^2 - \frac{\sigma_l^2}{n}$, valeur prise égale à 0 lorsque le calcul donne une valeur négative).

	Valeurs brutes				Valeurs corrigées		Coefficient de variation		
	$\bar{x}$	σ_l	$\sigma_{\bar{x}}$	$\sigma_{\bar{x}'}$	$\sigma_{\bar{x}'}$	σ_l	$\frac{\sigma_l}{\bar{x}}$	brut $\frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x}}$	corrigé $\frac{\sigma_{\bar{x}'}}{\bar{x}}$
Journal 2	0,466	0,032	0,085	0,084	0,035	0,033	6,9%	18,0%	7,1%
Journal 1	0,686	0,059	0,097	0,095	0,018	0	8,6%	13,8%	0
Blanc surglacé	0,886	0,054	0,093	0,091	0,029	0,023	6,1%	10,3%	2,6%
Kraft 1	3,711	0,165	0,211	0,204	0,094	0,078	4,4%	5,5%	2,1%
Kraft 2	4,177	0,205	0,329	0,322	0,094	0,068	4,9%	7,7%	1,6%

Quel que soit le caractère approximatif, et même discutable de ces calculs, il apparaît bien qu'un étalonnage soigné des appareils devrait permettre de réduire, de façon importante, les différences entre laboratoires.

Blancheur

Le degré de blancheur est le rapport exprimé en pourcentage du facteur de réflexion diffuse du papier au facteur de réflexion diffuse de l'oxyde de magnésium pur, tous deux mesurés dans la portion violette et bleue du spectre, pour une zone de longueur d'onde aussi étroite que possible, centrée sur $457 \text{ m}\mu \pm 2,5 \text{ m}\mu$.

Sorte de papier	Conditions	Nbre de lab.	$\bar{x}$	σ_1	$\sigma_{\bar{x}}$	σ_{ϵ}	$\frac{\sigma_1}{\bar{x}}$	$\frac{\sigma_{\epsilon}}{\bar{x}}$
Journal 1-Face A	normalisées	13	54,2	0,33	0,95	0,94	0,6%	1,7%
	non normalisées	8	54,6	0,50	1,42	1,41	0,9%	2,6%
Journal 1-Face B	normalisées	13	55,8	0,28	0,86	0,85	0,5%	1,5%
	non normalisées	8	56,2	0,43	1,45	1,44	0,8%	2,6%
Journal 2-Face A	normalisées	13	54,8	0,30	1,10	1,09	0,5%	2,0%
	non normalisées	8	55,2	1,08	1,96	1,93	2,0%	3,5%
Journal 2-Face B	normalisées	13	56,6	0,31	1,20	1,19	0,5%	2,1%
	non normalisées	8	57,0	1,21	1,89	1,85	2,1%	3,2%
Blanc surglacé Face A	normalisées	13	76,3	0,42	0,99	0,98	0,5%	1,3%
	non normalisées	9	76,4	0,39	2,42	2,41	0,5%	3,2%
Blanc surglacé Face B	normalisées	13	75,7	0,30	0,34	0,93	0,4%	1,2%
	non normalisées	9	75,9	0,41	2,55	2,54	0,5%	3,3%

1/ Le groupe des laboratoires non normalisés donne des résultats moyens très légèrement supérieurs au groupe normalisé, mais surtout il accuse une variabilité (σ_1 et $\sigma_{\bar{x}}$) systématiquement plus élevée.

2/ Dans le groupe normalisé, sur 78 écarts-types s_1 , 33 dépassent les limites de confiance à 95% calculées à partir des écarts-types moyens σ_1 ; dans le groupe non normalisé, ce dépassement est constaté 34 fois sur 50. - Les écarts-types s_1 des différents laboratoires sont donc loin de constituer des ensembles statistiquement homogènes.

3/ Les différences entre laboratoires d'un même groupe sont toujours hautement significatives. Il est vraisemblable que ces différences ont leur origine dans les étalons de blancheur utilisés pour la mesure.

4/ L'analyse des résultats des laboratoires normalisés effectuée comme au § "résistance à l'éclatement" conduit au tableau résumé suivant. Les facteurs de correction λ_1 utilisés pour le calcul des valeurs corrigées $\bar{x}_1$ ont été obtenus à partir des deux faces de chacun des trois papiers (moyenne de 6 écarts).

Dans le Journal 2, l'effet de correction apparaît comme moins important que pour les deux autres papiers; en fait, l'examen détaillé des mesures montre que l'un des laboratoires a très probablement interverti les deux faces du Journal 2.

Sous cette réserve, la conclusion est la même que pour la résistance à l'éclatement.

			Valeurs brutes		Valeurs corrigées		Coefficient de variation		
	$\bar{x}$	σ_1	$\sigma_{\bar{x}}$	σ_E	$\sigma_{\bar{x}}$	σ_L	$\frac{\sigma_1}{\bar{x}}$	brut $\frac{\sigma_E}{\bar{x}}$	corrigé $\frac{\sigma_L}{\bar{x}}$
Journal 1-Face A	54,2	0,33	0,95	0,94	0,39	0,38	0,6%	1,7%	0,7%
B	55,8	0,28	0,86	0,85	0,31	0,30	0,5%	1,5%	0,5%
Journal 2-Face A	54,8	0,30	1,10	1,09	0,52	0,51	0,5%	2,0%	0,9%
B	56,6	0,31	1,20	1,19	0,70	0,69	0,5%	2,1%	1,2%
Blanc surglacé									
Face A	73,3	0,42	0,99	0,98	0,42	0,40	0,5%	1,3%	0,5%
B	75,7	0,30	0,94	0,93	0,41	0,40	0,4%	1,2%	0,5%

Lissé

Pour mesurer cette caractéristique, on appuie l'éprouvette contre une surface parfaitement polie et indéformable, sous pression déterminée, et l'on fait circuler de l'air entre la surface de l'éprouvette et la surface polie. La résistance opposée au passage de l'air entre l'éprouvette et la surface polie est d'autant plus grande que le papier est plus "lissé". On évalue cette résistance en mesurant, en secondes, le temps nécessaire pour l'écoulement d'un volume d'air déterminé sous une différence de pression déterminée.

Sorte de papier	Conditions	NBRE DE LAB.	$\bar{x}$	σ_1	$\sigma_{\bar{x}}$	σ_E	$\frac{\sigma_1}{\bar{x}}$	$\frac{\sigma_E}{\bar{x}}$
Journal 1-Face A	normalisées	7	23,1	2,86	2,52	2,35	12,4%	10,2%
	non normalisées	7	23,2	4,15	8,06	7,95	17,9%	34,3%
Journal 1-Face B	normalisées	7	17,9	2,90	1,39	1,04	16,2%	5,8%
	non normalisées	7	18,9	3,16	5,22	5,12	16,7%	27,1%
Journal 2-Face A	normalisées	7	34,7	3,80	1,82	1,37	11,0%	4,0%
	non normalisées	7	30,2	5,34	7,42	7,22	17,7%	23,9%
Journal 2-Face B	normalisées	7	32,1	3,63	1,68	1,22	11,3%	3,8%
	non normalisées	7	27,1	3,66	6,42	6,32	13,5%	23,3%
Blanc surglacé Face A	normalisées	7	307,1	27,34	36,09	35,03	8,9%	11,4%
	non normalisées	7	369,5	59,40	91,00	89,10	16,1%	24,1%
Blanc surglacé Face B	normalisées	7	265,4	21,62	27,73	26,87	8,2%	10,1%
	non normalisées	7	319,3	34,97	68,00	67,10	10,9%	21,0%

1/ Le groupe des laboratoires non normalisés donne, pour les valeurs élevées du lissé, des résultats moyens nettement différents du groupe normalisé (écarts atteignant 20%). La variabilité des résultats (σ_1 et $\sigma_{\bar{x}}$) y est aussi beaucoup plus élevée.

2/ Dans le groupe des laboratoires normalisés sur 42 écarts-types s_1 , 7 dépassent les limites de confiance à 95% calculées à partir des écarts-types moyens σ_1 , les dépassements étant d'ailleurs peu importants; dans le groupe non normalisé, le dépassement, parfois très important, est constaté 13 fois sur 42.

3/ Les différences entre laboratoires d'un même groupe sont toujours hautement significatives.

4/ L'analyse des résultats des laboratoires normalisés, effectuée comme aux deux paragraphes précédents, conduit au tableau résumé suivant. On a adopté des facteurs de correction différents pour le Journal 1 et le Journal 2 d'une part (λ_1 résultant de la moyenne de 4 écarts) et le blanc surglacé d'autre part (λ_1 résultant de la moyenne de deux écarts).

			Valeurs brutes		Valeurs corrigées		Coefficient de variation		
	$\bar{x}$	σ_1	$\sigma_{\bar{x}}$	$\sigma_{\bar{x}}$	$\sigma_{\bar{x}}$	σ_1	$\frac{\sigma_1}{\bar{x}}$	brut $\frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x}}$	corrigé $\frac{\sigma_1}{\bar{x}}$
Journal 1-Face A	23,1	2,86	2,52	2,35	1,63	1,35	12,4%	10,2%	5,8%
Journal 1-Face B	17,9	2,90	1,39	1,04	1,06	0,52	16,2%	5,8%	2,9%
Journal 2-Face A	34,7	3,80	1,82	1,37	0,90	0	11,0%	4,0%	0
Journal 2-Face B	32,1	3,63	1,68	1,22	1,39	0,78	11,3%	3,8%	2,4%
Blanc surglacé									
Face A	307,1	27,34	36,09	35,03	6,26	0	8,9%	11,4%	0
Face B	265,4	21,62	27,73	26,87	6,26	0	8,2%	10,1%	0

Les conclusions sont les mêmes que pour les deux caractéristiques précédemment étudiées.

III - CONCLUSIONS GENERALES

Le tableau ci-dessous résume la variabilité des résultats, telle qu'elle ressort de l'étude précédente.

Caractéristique mesurée	Conditions	Coefficient de variation intérieur à laboratoire $\frac{\sigma_1}{\bar{x}}$	Coefficient de variation entre laboratoires	
			brut $\frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x}}$	corrigé $\frac{\sigma_1}{\bar{x}}$
Résistance à l'éclatement	normalisées	4,4%- 8,6%	5,5%-18,0%	0% -7,1%
	non normalisées	4,6%- 8,3%	7,1%-11,8%	- - -
Blancheur	normalisées	0,4%- 0,6%	1,2%- 2,1%	0,5%-1,2%
	non normalisées	0,5%- 2,1%	2,6%- 3,5%	- - -
Lissé	normalisées	8,2%-16,2%	3,8%-11,4%	0% -5,8%
	non normalisées	10,9%-17,9%	21,0%-34,3%	- - -

On peut ajouter les commentaires généraux suivants :

1/ La variabilité "intérieure à un laboratoire" est, pour les laboratoires travaillant en conditions normalisées, inférieure ou égale à la variabilité correspondante des laboratoires non normalisés.

2/ Il en est de même (de façon très importante pour le lissé), en ce qui concerne la variabilité "entre laboratoires"; il y a cependant quelques constatations contraires pour la résistance à l'éclatement.

3/ La variabilité "entre laboratoires" reste importante pour les laboratoires normalisés. Celle-ci présente un caractère systématique, l'écart entre deux laboratoires étant généralement du même sens pour les différentes sortes de papiers étudiés.

4/ Cette variabilité pourrait être diminuée par une application plus stricte des règles normalisées, par une étude plus détaillée des conditions opératoires révélant l'origine des écarts constatés, ou encore par l'application de corrections propres à chaque laboratoire. Cet ajustement semble tout à fait indispensable pour deux laboratoires agissant, l'un au titre du vendeur, l'autre au titre de l'acheteur.

D'une façon générale, on doit conclure que la normalisation contribue à régulariser la qualité des mesures, mais qu'elle doit être complétée par des vérifications périodiques à l'initiative, soit d'un organisme professionnel central, soit des usagers eux-mêmes.