

S. CALOMITI

Effet de la sélection sur la morphologie des porcs

Les cahiers de l'analyse des données, tome 9, n° 3 (1984),
p. 283-300

http://www.numdam.org/item?id=CAD_1984__9_3_283_0

© Les cahiers de l'analyse des données, Dunod, 1984, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Les cahiers de l'analyse des données » 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/>

EFFET DE LA SÉLECTION SUR LA MORPHOLOGIE DES PORCS

[SÉLECTION PORCS]

par S. Calomiti ⁽¹⁾

1 Des données aux analyses

1.0 Objet de l'expérience : La valeur commerciale d'une carcasse de porc est fonction du poids de cette carcasse, de l'épaisseur de la couche de lard dorsal et du développement musculaire. Pour réduire la teneur en gras de la carcasse et accroître son développement musculaire, des plans de sélection basés sur des mesures prises sur l'animal vivant ont été mis en place depuis une vingtaine d'années.

Dans une expérience de sélection de deux lignées de race Piétrain, l'une des lignées a été sélectionnée pour une faible épaisseur de lard dorsal et une forte vitesse de croissance, l'autre en faveur d'un degré extrême d'hypertrophie musculaire. L'un des objectifs était d'étudier l'efficacité comparée de ces deux plans de sélection, jugée sur la valeur économique globale des produits issus de ces deux lignées. Des résultats préliminaires de cette expérience ont été présentés par SELLIER (1982). Les résultats relatifs aux sept générations de sélection de l'expérience font l'objet de la présente analyse.

1.1 Constitution des deux lignées étudiées : La race de Piétrain, originaire de Belgique, se caractérise par un très bon développement musculaire ; elle est utilisée ordinairement pour le croisement dit terminal (les descendants de ce croisement sont tous abattus) avec des femelles prolifiques et à forte croissance. Pour l'expérience, la sélection de deux lignées fermées de porcs Piétrain a été conduite de 1973 à 1980 dans l'élevage expérimental INRA d'Avord (Cher). Les animaux de la lignée A sont choisis sur un indice combinant la vitesse de croissance et l'épaisseur de lard dorsal ($IND = 15 + 0,01 GMQ(G/j) - 0,5 \text{ ép. lard (mm)}$), ceux de la lignée B d'après une note visuelle de développement musculaire. Les animaux de première génération sont nés de novembre 1973 à février 1974. Chaque génération dans chacune des lignées est produite par l'accouplement de huit mâles et de trente-deux femelles choisis suivant les critères propres à la lignée parmi les animaux issus des premières portées des truies de la génération précédente de cette lignée ; ceci permet d'associer une année civile au couple : (portée, génération). On notera que, contrairement à ce qui est le cas dans les élevages usuels, les deux parents sont ici de race Piétrain ; et, de plus, répétons-le, choisis par une sélection continue au sein d'une même lignée. Les porcelets des deux sexes sont notés pour leur conformation au poids de 20 à 22 Kg et suivis individuellement de 25 à 80 Kg.

La population traitée comprend les 1438 animaux issus des sept générations de l'expérience de 1974 à 1980 et contrôlés sur l'ensemble des notes de développement musculaire et des mesures d'épaisseur de lard et de gain moyen quotidien.

(1) Docteur 3^o cycle en statistique. Université Pierre et Marie Curie.

1.2 Variables retenues

1.2.1 Notes de développement musculaire : Ce sont 4 notes visuelles de 0 à 3 appréciant, à un poids à peu près constant (20 à 22 Kg), le degré d'hypertrophie musculaire de l'animal. Une cinquième note, somme des quatre précédentes donne une indication globale de cette hypertrophie. Cette notation est subjective mais a été effectuée par un seul et même notateur au cours de l'expérience. Une étude visant à confirmer l'hypothèse d'une hypertrophie musculaire essentiellement due à l'action d'un seul gène a été menée par OLLIVIER (1968). Chaque note est recodée en 4 modalités de type booléen : la j-ème modalité = 1 si la valeur de la note correspond à un degré d'hypertrophie de rang j, 0 sinon. La note totale est décomposée en 4 classes de bornes inférieures 0, 3, 6 et 9. On obtient ainsi le codage en modalités pour les cinq notes, à savoir le Jambon, la Croupe, l'Epaule, la Poitrine et le Total.

Note	Codage	Degré d'hypertrophie	Notes de :	Jambon JA	Croupe CR	Epaule EP	Poitrine PØ	Total TØ
0	1000	aucune marque		J1:{ 30}	C1:{140}	E1:{ 37}	P1 {400}	T1:{128}
1	0100	peu marqué		J2:{635}	C2:{790}	E2:{588}	P2:{648}	T2:{593}
2	0010	marqué		J3:{646}	C3:{465}	E3 {667}	P3 {380}	T3 {541}
3	0001	très marqué		J4:{127}	C4:{ 43}	E4:{146}	P4:{ 10}	T4:{176}

On trouve également sur le tableau ci-dessus les sigles associés aux modalités et les effectifs correspondants ainsi par exemple : J2 est le sigle associé à une hypertrophie peu marquée sur le Jambon, 635 est le nombre d'animaux présentant ce caractère.

1.2.2 Vitesse de croissance : Elle est définie par le gain moyen quotidien (en g/jour) de l'animal pendant le contrôle individuel entre les poids moyens de 27 et 80 Kg et les âges moyens de 104 et 218 jours.

Cette mesure a été subdivisée en cinq classes d'effectifs approximativement égaux. A chaque classe est associée une modalité égale à 1 si la mesure appartient à la classe, égale à zéro dans le cas contraire. Les effectifs et sigles associés à chacune des classes sont présentés ci-dessous.

bornes.	En Kg de gain moyen quotidien	0,40L	0,46L	0,50L	0,56L	
		1	2	3	4	
	GQ	GQ1:{249}	GQ2:{327}	GQ3:{254}	GQ4:{342}	GQ5:{266}

1.2.3 Epaisseur de lard : Six mesures faites aux ultra-sons à un poids de 80 Kg environ prises à 4 cm de part et d'autre de la colonne vertébrale et corrigés par ajustement linéaire pour un poids fixe de 80 Kg. Elles concernent :

- L'épaule au niveau du passage des sangles.
- Le dos au niveau de la dernière côte.
- Le rein à un emplacement déterminé par une verticale équidistante du grasset et de l'arrière du jambon.

Comme précédemment, chaque mesure est subdivisée en 5 classes recodées en variables booléennes.

Rein en mm		9,45	11,02	12,34	15,93
RG : gauche	RG1:{295}	RG2:{359}	RG3:{240}	RG4:{270}	RG5:{274}
RD : droite	RD1:{288}	RD2:{366}	RD3:{258}	RD4 {252}	RD5:{274}
Dos en mm		8,45	9,55	10,46	11,55
DG : gauche	DG1:{280}	DG2:{299}	DG3:{347}	DG4:{243}	DG5:{269}
DD : droite	DD1:{309}	DD2:{323}	DD3:{338}	DD4:{234}	DD5:{234}
Epaule en mm		16,25	18,19	19,81	21,75
EG : gauche	EG1:{289}	EG2:{333}	EG3:{290}	EG4:{256}	EG5:{270}
ED : droite	ED1:{324}	ED2:{320}	ED3:{302}	ED4:{238}	ED5:{254}

1.2.4 Sensibilité à l'halothane : Le test à l'halothane consiste à administrer ce gaz anesthésiant pendant une à deux minutes, le test étant prolongé jusqu'à 5 minutes pour les animaux qui ne présentent pas de réaction anormale pendant le sommeil. Pour certains sujets dits "sensibles" ou "positifs", l'inhalation d'halothane déclenche le "syndrome d'hyperthermie maligne", caractérisé notamment par le raidissement généralisé de la musculature et une élévation brutale de la température corporelle. L'issue dans ce cas est fatale si l'on n'a pas pris soin d'arrêter le test dès l'apparition des premiers symptômes. Il est généralement admis que la réponse à ce test est de type "tout ou rien". De nombreux travaux ([Le test à l'halothane et la sensibilité au stress] dans l'élevage porcin, n° 87, p. 17 ; 1979) ont porté, depuis une dizaine d'années, sur l'étude des relations positives entre sensibilité à l'halothane et hypertrophie musculaire. L'intérêt de ce test réside dans les possibilités de détection précoce des sujets sensibles, dès l'âge de deux mois.

On a codé sous forme disjonctive complète trois modalités de réponse au test à l'halothane :

HA1:{161} absence de contrôle (c'est principalement le cas des animaux de première génération).

HA2:{729} non sensibilité ; HA3:{548} sensibilité.

1.3 Traitement des données : Les calculs ont été effectués au département de génétique animale (CNRZ 78350 Jouy-en-Josas). Pour aboutir au tableau sous forme disjonctive complète il a fallu d'abord s'affranchir des contraintes dues : à l'origine des données (informations de base d'un élevage expérimental porcin), au volume à extraire (1710 données avec 100 caractères d'information chacune sur un total de près de 60.000 enregistrements) et aux calculs annexes comme l'ajustement des mesures d'épaisseur de lard pour un poids fixe, ou le codage sous forme disjonctive complète. Des programmes spécifiques ont été réalisés à cet effet, assurant également des vérifications de vraisemblance.

Les analyses ont été faites à partir d'un tableau mis sous forme disjonctive complète après avoir implanté sur ordinateur le programme d'analyse des correspondances TABET (cf. Pratique de l'Analyse des Données, Vol I, p. 271 ; 1980), et le programme de classification ascendante hiérarchique CAVOR (cf. [PROG. C.A.H. CHAINE RECIP.] Cahiers, Vol VII, n° 2, p. 219 ; 1982).

1-ère analyse : morphologie générale [Animal×(Conformation u E-paisseur de lard)] (§ 2) : c'est une analyse globale sur l'ensemble

des 1438 animaux pour lesquels nous disposons de données morphologiques complètes. Elle montre par les positions respectives du développement musculaire et de l'épaisseur de lard, la variabilité totale entre animaux et les liaisons avec les caractères de sensibilité à l'halothane et de vitesse de croissance, (projetés dans cette analyse en éléments supplémentaires).

2-ème analyse : évolution comparée des lignées A et B [(Lignée × Sexe × Génération) × (Conformation ∪ Epaisseur de lard)] (§ 3) : la décomposition en classes d'animaux de lignée A et B, de sexe femelle ou mâle, et pour les sept générations de sélection (correspondant aux années 1974 à 1980), permet de suivre les évolutions respectives des deux lignées dans le temps.

3-ème analyse : classification des animaux (§ 4) : la classification ascendante hiérarchique (C.A.H.) des 1438 animaux fournit une partition en 5 classes qui rend compte d'une part plus importante de l'inertie totale que la partition des individus suivant les 28 combinaisons (lignée × sexe × génération). La C.A.H. confirme les résultats de la première analyse quant à la dispersion des animaux.

Répartition des données selon la lignée et le numéro de génération							
Numéro de génération	1	2	3	4	5	6	7
Lignée A	85	118	161	143	123	117	119
Lignée B	74	57	106	85	73	54	123

2 Analyse de la morphologie générale

2.1 Tableau des données : Il croise l'ensemble des 1438 porcelets issus de 7 générations de l'expérience avec l'ensemble des notes de développement musculaire et des mesures d'épaisseur de lard. Soit M l'ensemble de ces 5 notes de conformation et de ces 6 mesures d'épaisseur de lard : $M = \{(JA, CR, EP, P\emptyset, T\emptyset), (RG, RD, DG, DD, EG, ED)\}$, et J_m l'ensemble des modalités précédemment définies associées à la mesure ou note m . Ainsi par exemple : $J_{CR} = \{[1, [2, [3, [4]\}$.

Si I est l'ensemble des 1438 animaux et J l'ensemble des 50 modalités ($J = \cup \{J_m | m \in M\}$), le tableau analysé $I \times J$ est tel que la case $K(i, j) = 1$ si pour l'animal i , et $j \in J_m$, la variable m est de modalité j , 0 sinon.

2.2 Résultats de l'analyse : interprétation des variables principales : Les deux premiers facteurs expriment 20,89% de l'inertie totale du nuage. Mais on sait (cf. [BIN. MULT.] note 2 Cahiers, Vol II, n° 1, p. 59 ; 1977) qu'à un coefficient près l'analyse du tableau de Burt $J \times J$ donne les mêmes facteurs que celle du tableau disjonctif complet $I \times J$.

Quant à la signification des pourcentages d'inertie, il faut se référer aux valeurs propres $\Lambda_\alpha = \lambda_\alpha^2$ et aux pourcentages d'inertie T_α issus de l'analyse de ce même tableau de Burt. Ces pourcentages sont présentés dans le tableau ci-dessous.

On obtient ainsi des pourcentages plus élevés pour les premiers facteurs, ainsi ici, 43,67% de l'inertie totale entre les mesures est définie par le plan des deux premiers axes factoriels.

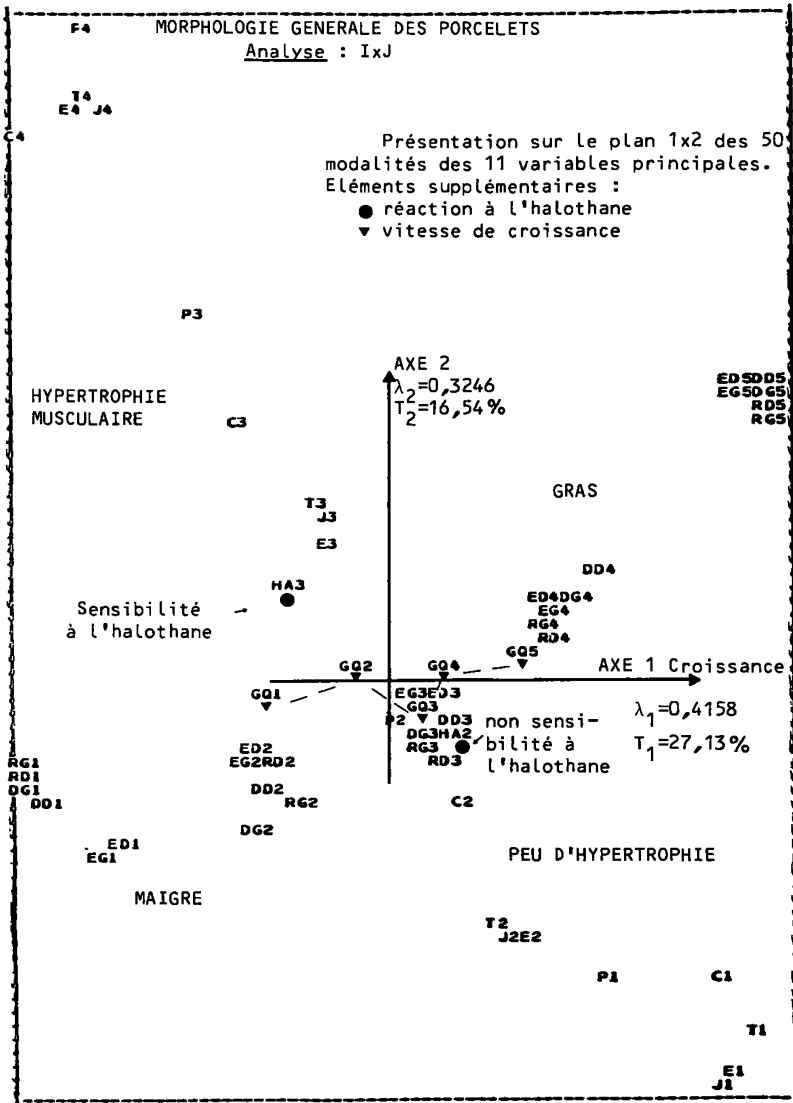


Figure : 1

Facteur	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Valeur propre λ	0,1729	0,1054	0,0709	0,0577	0,0328	0,0301	0,0189
Taux d'inertie T	27,13	16,54	11,12	9,05	5,14	4,72	2,97

L'examen du plan (1,2) montre, sur la figure 1, quatre groupes de modalités de caractères correspondant chacun à un quadrant du plan. On peut ainsi regrouper les caractéristiques :

- d'une hypertrophie musculaire peu marquée (PEU D'HYPERTROPHIE) = {(LARD3 = {RG3, RD3, DG3, DD3, EG3, ED3}), (HYPER1 = {J1, C1, E1, P1, T1})}, (HYPER2 = {J2, C2, E2, P2, T2})} pour $F1 > 0$ et $F2 < 0$. HYPER1 et HYPER2 regroupent les modalités correspondant à pas ou peu d'hypertrophie musculaire, et LARD3 est la classe centrale associée aux mesures d'épaisseur de lard,

- d'une adiposité (GRAS) = {(LARD4 = {RG4, RD4, DG4, DD4, EG4, ED4}), (LARD5 = {RG5, RD5, DG5, DD5, EG5, ED5})} pour $F1 > 0$ et $F2 > 0$,

- d'un fort degré d'hypertrophie musculaire (HYPERTROPHIE) = (HYPER3 = {J3, C3, E3, P3, T3}), (HYPER4 = {J4, C4, E4, P4, T4})} pour $F1 < 0$ et $F2 > 0$,

- d'une faible adiposité (MAIGRE) = {(LARD1 = {RG1, RD1, DG1, DD1, EG1, ED1}), (LARD2 = {RG2, RD2, DG2, DD2, EG2, ED2})} pour $F1 < 0$ et $F2 < 0$ correspondant aux deux classes d'épaisseur les plus faibles.

Pour l'axe 1, le caractère HYPERTROPHIE et le caractère MAIGRE s'opposent au caractère GRAS associé au caractère PEU D'HYPERTROPHIE. Les contributions à l'inertie sur cet axe sont prépondérantes pour le MAIGRE et le GRAS, de l'ordre de 37% chacune. Les deux modalités extrêmes apportant 85% de la contribution globale de ces deux groupes et leur écart à la moyenne est expliqué à plus de 50% par ce premier facteur.

A une évolution croissante de l'hypertrophie HYPER1 à HYPER4 de $F1 > 0$ à $F1 < 0$ correspond une évolution inverse de l'épaisseur de lard, de LARD5 à LARD1.

Sur l'axe 2 les caractères de MAIGRE et de PEU D'HYPERTROPHIE s'opposent aux caractères de GRAS et D'HYPERTROPHIE. Ici ce sont les modalités résumant le degré d'hypertrophie (HYPER1 à HYPER4) qui apportent la contribution prépondérante de l'ordre de 73%. Sur cet axe on assiste à une évolution parallèle et croissante de $F2 < 0$ à $F2 > 0$ des caractères d'épaisseur de lard (LARD1 à LARD5) et des caractères d'hypertrophie musculaire (HYPER1 à HYPER4).

Ainsi les caractères de GRAS et d'HYPERTROPHIE qui s'opposent sur le premier axe s'associent sur le second. On trouve ainsi les quatre associations : gras et hypertrophie, gras et peu d'hypertrophie, maigre et hypertrophie, et enfin maigre et peu d'hypertrophie. Les deux facteurs rendent bien compte de la morphologie individuelle des animaux et de leur dispersion en fonction de leurs caractéristiques propres. Ils ne sont pas représentés sur la figure 1. Une analyse ultérieure montrera en fait une évolution disjointe des sous-populations d'animaux.

Bien que ne représentant que 11,12% de l'inertie totale du tableau de Burt $J \times J$, il faut mentionner l'axe factoriel 3 dû essentiellement pour 94% aux modalités de l'épaisseur de lard. Les individus de caractères extrêmes, très maigres (LARD1) et très gras (LARD5) s'associent face aux caractères plus neutres (LARD2, LARD3, LARD4). Le quatrième facteur montre un phénomène de même nature, mais sur des caractères de conformation.

La forme parabolique du nuage des individus dans les plans (1,3) et (2,4) confirme la présence d'une liaison non linéaire entre les facteurs associés à ces deux plans. Cet effet Guttman est particulièrement net dans le plan (2,4) (cf. figure 2) ; une même note ou une note très voisine caractérise les quatre sites d'appréciation du développement musculaire de chaque animal.

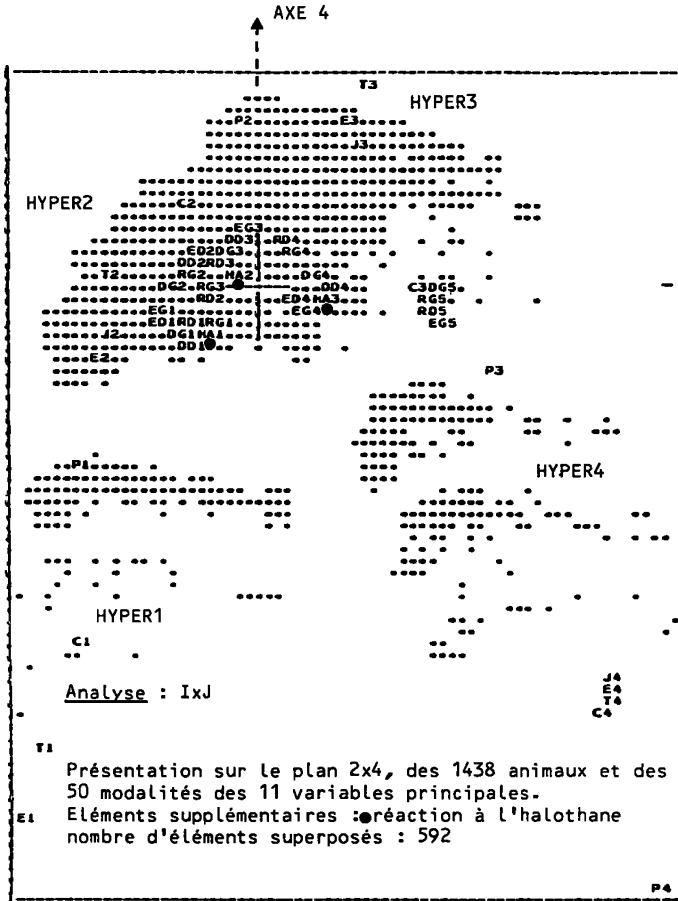


Figure : 2

2.3 Projection de la sensibilité à l'halothane dans le plan 1 x 2

En vue d'apprécier les rapports entre le mode de réponse des porcelets au test à l'halothane et les notes de conformation et mesures d'épaisseur de lard étudiées ici, on a introduit en éléments supplémentaires les trois modalités de réponse au test (HA1, HA2, HA3), respectivement : non testé, non sensible et sensible à l'halothane. La projection de ces modalités sur le plan 1 x 2 situe la réaction positive (HA3) dans le quadrant HYPERTROPHIE MUSCULAIRE ($F_1 < 0$, $F_2 > 0$) en opposition avec la réaction négative située dans le quadrant PEU D'HYPERTROPHIE ($F_1 > 0$, $F_2 < 0$).

Pour préciser la représentation du caractère sur les axes factoriels (cf. ENS1, II, § 6.2 ; 1980), on a considéré HA3 non plus en tant que modalité associée à chaque animal (colonne en 0,1) mais comme ligne supplémentaire obtenue par cumul des lignes des individus rentrant dans la modalité HA3. Le carré du cosinus de l'angle du profil de la ligne HA3_J avec sa projection sur les plans (1,2) issus des analyses I x J ou J x J est : $COR_{12}(HA3_J) = 0,92$: donc 92% de l'écart à la moyenne de la classe HA3 des individus sensibles à l'halothane est expliqué par les deux premiers facteurs, principalement sous l'influence du caractère HYPERTROPHIE MUSCULAIRE et du caractère MAICRE (cf. figure 1).

Afin de préciser les relations entre la morphologie de l'animal, sa sensibilité à l'halothane et celle de ses parents, on a projeté en éléments supplémentaires sur le plan 1 x 2, douze combinaisons des deux modalités (sensibilité, non sensibilité) de réponse au test à l'halothane de 929 animaux et de leurs deux parents. Les tableaux ci-dessous donnent la répartition des descendants dans les lignées A et B pour les trois types d'accouplements : (sensible x sensible), (non sensible x sensible), (non sensible x non sensible). On associera les caractères graphiques S et N, respectivement aux manifestations de sensibilité et de non-sensibilité à l'halothane ; avec pour chaque classe d'individus 3 caractères, dont le premier désigne sa propre réaction et les deux dernières celles de ses parents ; comme l'expliquent les tableaux ci-joints.

Résultats du test à l'halothane dans la lignée A

Type d'accouplement		Descendant non sensible N	Descendant sensible S	Total
Les deux parents sensibles	S x S	NSS: { 3 }	SSS: { 36 }	{ 39 }
Un parent sensible, l'autre non sensible	N x S	NNS: { 117 }	SNS: { 122 }	{ 239 }
Les deux parents non sensibles	N x N	NNN: { 265 }	SNN: { 77 }	{ 342 }
total		{ 385 }	{ 235 }	*{ 620 }

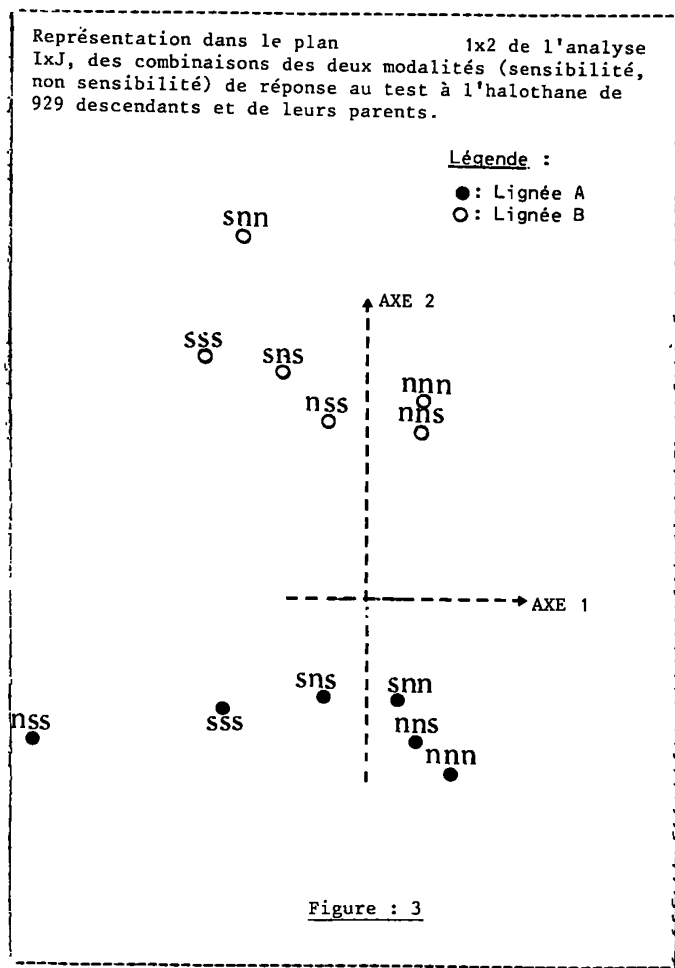
Résultats du test à l'halothane dans la lignée B

Type d'accouplement		Descendant non sensible N	Descendant sensible S	Total
Les deux parents sensibles	S x S	NSS: { 16 }	SSS: { 110 }	{ 126 }
Un parent sensible, l'autre non sensible	N x S	NNS: { 75 }	SNS: { 71 }	{ 146 }
les deux parents non sensibles	N x N	NNN: { 27 }	SNN: { 10 }	{ 37 }
total		{ 118 }	{ 191 }	*{ 309 }

* Sur les 1438 animaux de l'étude, 509 étaient soit non testés à l'halothane, soit issus d'un parent au moins non testé à l'halothane, et n'ont pas été considérés ici.

On peut, par exemple, observer dans le plan (1,2) (cf. figure 3) à peu près suivant la ligne des modalités décroissantes de l'hyper-trophie musculaire, une nette opposition entre les combinaisons (SNN, SSS, SNS) groupant les descendants de la lignée B sensibles à l'halothane, et les combinaisons (NNS, NNN) de descendants non sensibles de la lignée A. C'est plus sur le degré d'adiposité que s'opposent les combinaisons (SSS, SNS) pour la lignée A et les combinaisons (NNN, NNS) pour la lignée B.

Parmi les 165 descendants issus de parents tous deux sensibles à l'halothane, 19 soit 12%, ont manifesté une réaction négative au test à l'halothane. On notera qu'ils se distinguent peu, quant à la morphologie, des descendants sensibles provenant du même type d'accouplement. La présence de ces quelques descendants non sensibles issus d'accouplements (sensible x sensible) peut s'interpréter en termes d'hérédité (on parle de pénétrance incomplète), mais peut-être mieux encore par les conditions mêmes de l'expérience (par exemple, une durée de l'anesthésie insuffisante). On remarque également que les pourcentages de descendants sensibles à l'halothane dans les trois types de croisements (S x S, N x S, N x N) sont très proches des valeurs prévues si on se reporte aux travaux sur le déterminisme héréditaire de la sensibilité à l'halothane (Sellier 1979).



2.4 Projection de la vitesse de croissance dans le plan 1 x 2

Les 5 modalités de la vitesse de croissance (GQ1, GQ2, GQ3, GQ4, GQ5) ont été introduites sous la forme de colonnes supplémentaires au tableau initial. La projection de ces modalités sur le plan 1 x 2 (cf. figure 1) indique une évolution parallèle mais plus centrée de $F1 < 0$ à $F1 > 0$ des modalités du gain moyen quotidien (GQ1 à GQ5) et des modalités de l'épaisseur de lard (LARD1 à LARD5).

Les plus faibles modalités de la croissance GQ1 et GQ2 sont situées dans le demi-plan $F1 < 0$ du côté des caractères de MAIGRE et d'HYPERTROPHIE, les plus fortes vitesses de croissance GQ4 et GQ5 se placent elles, dans le demi-plan $F1 > 0$ correspondant aux caractères de GRAS et de PEU D'HYPERTROPHIE. A lui seul, ce facteur explique, à plus de 70%, les écarts à la moyenne des deux classes extrêmes de la vitesse de croissance : les autres facteurs ne semblent pas intervenir.

3 Analyse de l'évolution comparée des lignées A et B

3.1 Tableau des données : Il croise l'ensemble des 28 combinaisons (lignée x sexe x génération) avec l'ensemble des 50 modalités de mesures précédemment analysées.

On représentera les ensembles lignée, sexe et génération, et leurs éléments respectivement par : $L = \{A, B\}$, $S = \{\text{femelle}(F), \text{mâle}(M)\}$, et $G = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ correspondant aux 7 années de l'expérience. Avec $C = L \times S \times G = \{c = lsg \mid l \in L, s \in S, g \in G\}$, $\text{Card } C = 28$, le tableau analysé K_{CJ} est alors défini par :

$$\forall j \in J : K(c, j) = \Sigma \{K(i, j) \mid i \in c\}.$$

3.2 Résultats de l'analyse

Facteur	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Valeur propre λ	0,1318	0,0621	0,0177	0,0154	0,0107	0,0086	0,0060
Taux d'inertie τ	46,65	21,98	6,27	5,44	3,80	3,04	2,12

Les 7 premiers facteurs rendent compte de 89% de l'inertie totale avec plus de 68% pour le seul plan 1 x 2. Les deux nuages des 28 combinaisons (lignée x sexe x génération) et des 50 modalités de notes de conformation et de mesures d'épaisseur de lard sont simultanément représentés sur un même graphique.

Le premier axe factoriel situe de $F1 > 0$ à $F1 < 0$ les degrés croissants de l'hypertrophie musculaire (HYPER1 à HYPER4). Ces caractères contribuent pour 97% à l'inertie de cet axe. La lignée B marque sur cet axe (cf. figure 4) une évolution dans le sens d'un fort accroissement de l'hypertrophie, en dépit d'un léger recul pour la dernière génération.

Sur l'axe 2 caractérisé par l'opposition du caractère MAIGRE = (LARD1, LARD2) au caractère GRAS = (LARD4, LARD5), la succession des générations n'est pas nettement marquée. Les variations entre générations successives sont presque toujours alternées. Les fortes diminutions de l'épaisseur de lard à la 4-ème génération (1977) pour les mâles, aux 4-ème et 6-ème générations (1977, 1979) pour les femelles de cette même lignée, sont compensées par de fortes augmentations aux générations suivantes.

La lignée A comme la lignée B, montre des variations entre

les années mais avec des amplitudes plus fortes sur l'axe 2, plus faibles sur l'axe 1. La diminution de l'épaisseur de lard est particulièrement sensible pour les 4-ème et 6-ème générations des animaux des deux sexes et pour les mâles de la 2-ème génération (1975). La lignée A montre une tendance à un léger accroissement de l'hypertrophie musculaire (HYPER1 à HYPER2) et une forte diminution de l'épaisseur de lard.

Une légère baisse du degré d'hypertrophie musculaire se manifeste dans les deux lignées à la dernière génération. Les femelles sont plus grasses que les mâles, pour chacune des deux lignées, de la première à la dernière année. Un autre trait assez remarquable est cette évolution de la lignée B vers plus d'hypertrophie mais aussi vers plus de gras que dans la lignée A. Quant à la sensibilité à l'halothane, elle apparaît associée le plus fréquemment à la lignée B comme l'attestent les tableaux complets illustrant le § 2.3.

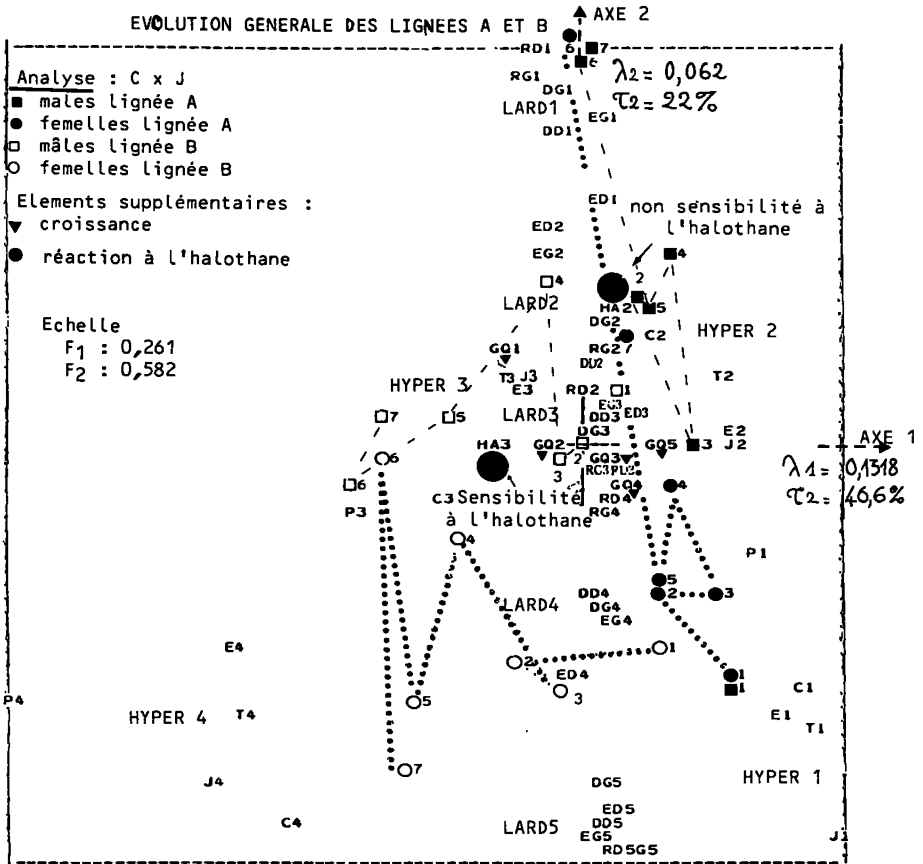


Figure : 4

Sur le 3-ème axe factoriel, les 5 classes d'épaisseur de lard se scindent pour l'essentiel, en deux groupes qui s'opposent de part et d'autre de l'origine. Le premier groupe pour $F3 \angle 0$, comprend la plus forte des modalités de gras au rein et au dos, associée à la plus faible des classes d'épaisseur de lard à l'épaule (EG1,ED1). Les classes centrales au rein et au dos s'associent avec les 3-ème et 4-ème modalités de gras à l'épaule (EG3,ED3,EG4,ED4) pour former le second groupe. Bien que cet axe ne contribue que pour 6,27% à l'inertie totale, on remarque sur ces données que les modalités (lignée \times sexe \times génération), dont l'écart à la moyenne est expliqué à plus de 10% par ce facteur, se situent de part et d'autre de l'origine selon que le rapport des moyennes de l'épaisseur de lard à l'épaule et au rein supérieur ou inférieur est à 1,55. Cet axe pourrait traduire des pertes ou des gains en gras plus importants au rein qu'à l'épaule.

Le tableau de contingence qui croise les notes de conformation de la croupe et celles de la poitrine illustre l'opposition très marquée sur le 4-ème axe entre les caractères d'une hypertrophie musculaire extrême à la croupe (C4) et à la poitrine (P4). On ne trouve en fait parmi les 1438 animaux contrôlés aucun d'entre eux noté comme complètement hypertrophié (J4,C4,E4,P4).

Répartition des données selon la note à la croupe et à la poitrine

		Note de Poitrine			
		1	2	3	4
Note de Croupe	1	98	36	6	0
	2	264	420	106	0
	3	38	186	231	10
	4	0	6	37	0

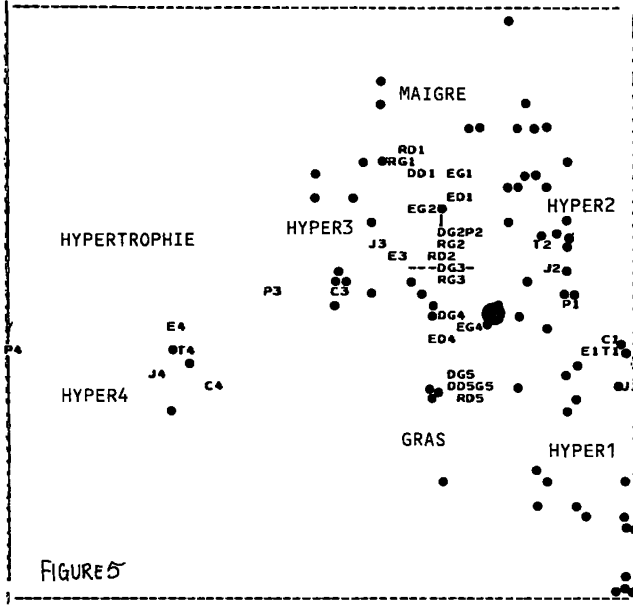
3.3 Inertie interclasse et inertie intraclasse : Les 28 classes (lignée \times sexe \times génération) de l'ensemble C représentent une partition de l'ensemble I des 1438 animaux contrôlés. L'inertie totale du nuage des individus se décompose en une inertie entre classe (interclasse) (0,2826) et une inertie intérieure aux classes (intraclasse) (3,2629). La représentation de la dispersion intraclasse sur les axes factoriels issus de l'analyse du tableau K_{CJ} peut être décrite par la projection des individus sur ces axes. Dans le plan 1×2 l'inertie est plus importante pour la lignée A que pour la lignée B, avec une tendance à plus de dispersion, pour les animaux femelles, dans chacune des deux lignées.

Les figures 5 et 6 montrent dans le plan (1,2) les dispersions des femelles des générations 5 et 6 autour de leur centre de gravité respectif. Les animaux de la 5-ème génération se dispersent sur les degrés de gras et d'hypertrophie musculaire, ceux de la 6-ème génération essentiellement sur le caractère d'hypertrophie. L'adiposité diminue nettement de la 5-ème à la 6-ème génération.

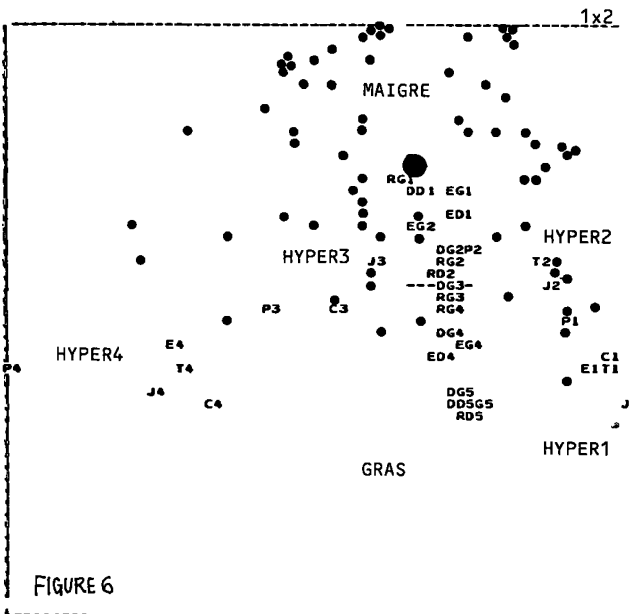
Afin d'apprécier dans quelle mesure l'analyse $I \times J$ rend compte des écarts entre les 28 combinaisons (lignée \times sexe \times génération), on a analysé le tableau K_{JJ} , avec en éléments supplémentaires le tableau K_{CJ} .

Sur l'axe 1, l'inertie du nuage $N(J)$ est $\Lambda_1 = 0,1729$; et la projection du nuage des individus a une inertie de $\Lambda_1^{1/2} = 0,4158$ (valeur propre associée à l'analyse $I \times J$). Quant à l'inertie entre les 28 combinaisons, elle est égale à :

DISPERSION DES FEMELLES DE LA 5-ème génération: lignée A.
1x2



DISPERSION DES FEMELLES DE LA 6-ème génération: lignée A.
1x2



$\Lambda_1 \times (\Sigma \{CTR1(c) ; c \in C\} \times \text{Card}(M))$ (CTR1(c) est la contribution relative de la combinaison c à l'axe 1). Le multiplicateur Card(M) est introduit pour ramener à 1 la somme des masses du tableau K_{CJ} .

On obtient ainsi le long de l'axe 1, une inertie interclasse de l'ordre de 19% de l'inertie totale, le rapport est de près de 31% le long du deuxième axe. Ces résultats sont à comparer avec les rapports respectifs de 38% et de 17% obtenus sur les deux premiers axes de l'analyse C x J. (En fait, la corrélation entre les premiers facteurs issus des deux analyses est forte à une rotation près d'environ 45%).

4 Classification des animaux

L'analyse de l'évolution comparée des lignées A et B au § 3 montre qu'une part notable de l'inertie totale reste non expliquée par la partition en 28 classes définies par le croisement lignée x sexe x génération. On effectue ici une classification ascendante hiérarchique (C.A.H.) sur l'ensemble des 1438 animaux rapportés à l'espace des sept premiers axes factoriels issus de cette précédente analyse. Pour l'interprétation et la définition des classes, on s'est reporté à l'article paru dans les Cahiers de l'Analyse des Données (cf. [INT. CLASS. MÉD.], Vol V, n° 3, p. 311 ; 1980, reproduit dans le tome I du Traité sur l'A. des D. ; 4-ème éd. ; 1984. Rappelons très brièvement que les classes sont numérotées dans l'ordre où elles sont créées, en partant de la partition la plus fine (1 animal = 1 classe), pour aboutir au sommet de l'arbre hiérarchique noté 2875, groupant en une seule classe I l'ensemble des animaux. A chaque noeud ou classe n, créé par la réunion de deux classes préexistantes, suivant le critère de l'inertie, est associé un niveau d'agrégation v qui mesure l'augmentation d'inertie intraclasse due au regroupement des deux classes précédentes. La somme des niveaux de tous les noeuds donne ainsi l'inertie totale du nuage.

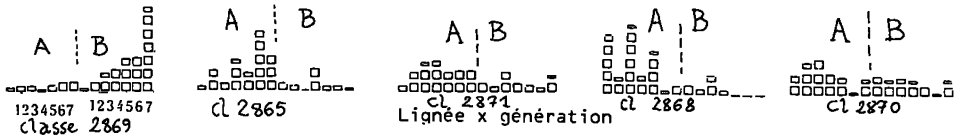
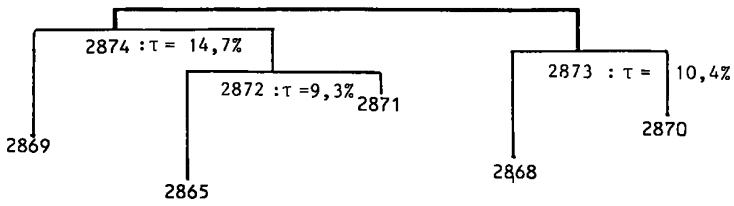
4.1 La partition retenue : Les cinq centres de classes (2865, 2868, 2869, 2870, 2871) concentrent 50% de l'inertie totale. Cette part est même supérieure à 60% sur chacun des deux premiers axes. Dans le cas des 28 combinaisons (lignée x sexe x génération), la part de l'inertie entre centres dans l'inertie totale n'était que de 20% dans l'espace ; avec 38% sur le premier axe et 17% sur le second. On résumera donc le nuage par les cinq classes de la partition.

4.2 Description des classes à l'aide d'histogrammes : On note (cf. figure 7) dans la classe 2869 une majorité d'animaux de la lignée B ; et dans la classe 2868 une majorité d'animaux de la lignée A. Ces deux classes sont de plus nettement opposées pour la note de développement musculaire et la réaction à l'halothane. Deux autres classes (2865 et 2870) semblent plutôt se distinguer sur le degré d'adiposité des animaux. Quant à la classe 2871, elle n'est pas caractérisée. Pour situer plus précisément facteurs et classes de la hiérarchie, on projettera sur les axes les centres des quatre noeuds les plus hauts dans la hiérarchie (2872, 2873, 2874, 2875) et les centres des cinq classes de la partition.

4.3 Etude des noeuds supérieurs de la hiérarchie en projections sur

les axes factoriels : Le sommet 2875 partage en deux sous-classes notées 2874 et 2873 les 1438 animaux de I. Cette séparation s'effectue à un niveau v = 0,3387 qui correspond à près de 16% de l'inertie totale, les deux premiers axes factoriels (cf. figure 8) contribuant pour plus de 80% aux écarts à la moyenne des deux centres de classe.

2875 : $\tau = 15,8\%$



N.B L'histogramme de la classe 2869 sur les 14 combinaisons (lignée x génération montre une proportion, accrue au cours du temps (i.e de la génération 1 à la génération 7), d'animaux de la lignée B dans cette classe.

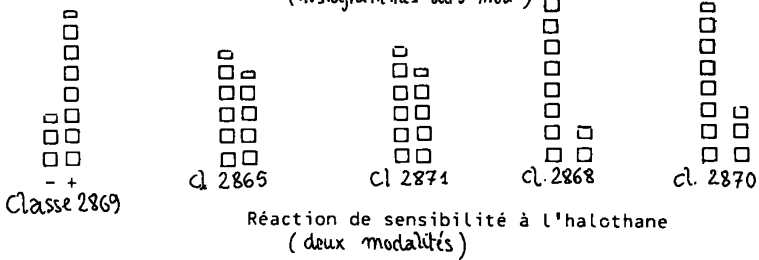
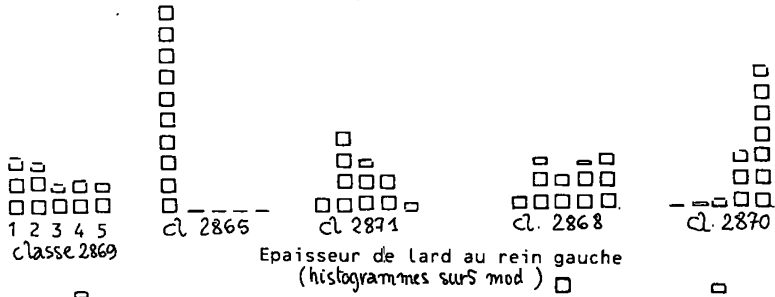
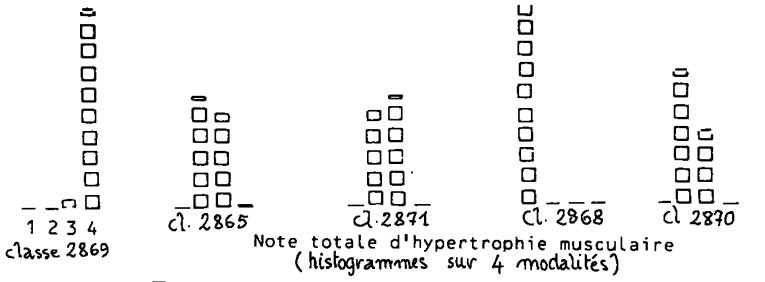


Figure : 7 Partie supérieure de la hiérarchie, profils des classes de la partition.
échelle □ : 0,05
□ : 0,10

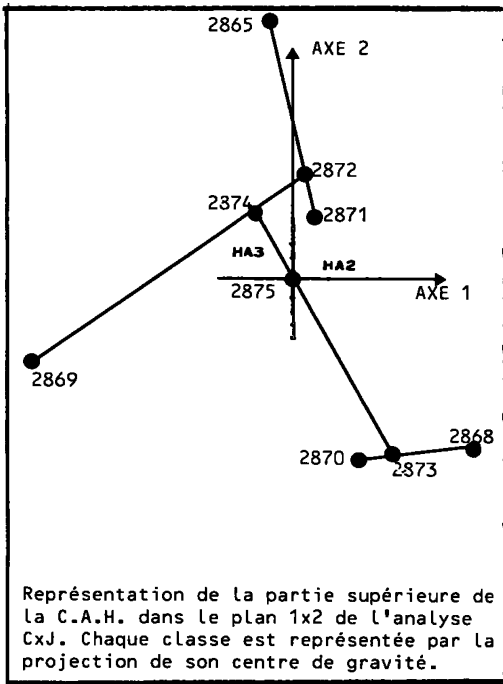


Figure : 8

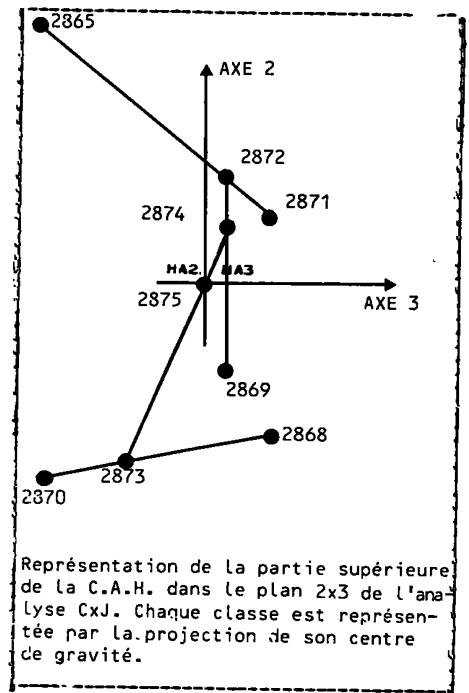


Figure : 9

La classe 2874 comprend 1026 animaux, en majeure partie à fort développement musculaire et faible adiposité. Elle se scinde en deux sous-classes 2869 et 2872. Le segment ou dipôle qui joint les deux centres des classes 2869 et 2872, et passe par le centre du noeud 2874 fait un angle assez faible avec le plan (1,2).

On a dans la classe 2869 la presque totalité des animaux au développement musculaire le plus marqué. Seuls les axes 2, 3, 5 contribuent à la scission du noeud 2872 en 2871 et 2865. La classe 2865 est celle des animaux les plus maigres.

Le dipôle constitué du noeud 2873 et des deux sous-classes 2868 et 2870 présente une position oblique sur les différents axes. Seul l'axe 2 fait exception avec un angle très voisin de 90 degrés. Les trois centres sont sur le demi-axe $F_1 > 0$, lieu des animaux à l'hypertrophie musculaire peu marquée ou nulle ; la classe 2868 occupe une position extrême : elle contient la totalité des animaux ne présentant aucun signe d'hypertrophie musculaire.

4.4 Sommaire des classes de la partition : La classe 2868 groupe 129 animaux dont la majorité ne présente aucun signe d'hypertrophie musculaire. Peu d'animaux de la lignée B présentent ces caractères.

La classe 2870 qui comprend 283 animaux se caractérise par un développement musculaire un peu plus marqué associé à une très forte adiposité. La réaction à l'halothane est négative pour 72% des individus contrôlés de cette classe.

La classe 2871 ne s'écarte pas sensiblement de la moyenne sur la note d'hypertrophie musculaire, la contribution relative de l'axe factoriel 1 à l'écart de son centre n'est que de 2%. On note par contre une nette diminution de l'épaisseur moyenne de lard dorsal ($F_{2>0}$), par rapport aux deux précédentes classes et une présence plus manifeste d'animaux mâles de la lignée B.

La classe 2865 se caractérise comme une population de 159 animaux à très faible adiposité et au développement musculaire moyen.

La classe 2869, enfin, réunit 181 animaux à très forte hypertrophie musculaire. On a dans cette classe une très forte proportion (86%) d'animaux de la lignée B, appartenant surtout aux dernières générations de sélection.

5 Conclusion

Quant à l'objectif de l'expérience, tel qu'il a été défini dans l'introduction, l'analyse des données montre bien l'évolution nettement divergente des deux lignées et les fortes variations entre les générations successives. Les animaux de la lignée A ont évolué en moyenne vers une diminution marquée de l'épaisseur de lard dorsal, accompagnée d'un léger accroissement du développement musculaire. Les animaux de la lignée B ont très fortement accru leur développement musculaire sans pour autant qu'il y ait eu chez eux une baisse appréciable de l'épaisseur de lard. Dans les deux lignées, les femelles sont plus grasses que les mâles, de la première à la dernière génération.

La sensibilité au test à l'halothane apparaît comme essentiellement liée à l'hypertrophie musculaire et à la lignée B.

Il faut encore souligner l'opposition totale des notes extrêmes d'hypertrophie musculaire à la croupe et à la poitrine : aucun animal n'obtient, dans cette expérience, la note d'hypertrophie maximum sur chacun des sites d'appréciation.

Les principaux résultats rappelés, proposons quelques suggestions d'analyses pour le cas où l'étude serait poursuivie. Il faudrait recoder les mesures d'épaisseur de lard pour tenir compte de l'association très forte entre mesure de droite et mesure de gauche, et du rapport entre gras à l'épaule et gras au rein qui semble lié en partie aux variations de l'épaisseur de lard.

Les caractères de vitesse de croissance, d'épaisseur de lard dorsal et d'hypertrophie musculaire manifestent de fortes liaisons. Des analyses sur les combinaisons des modalités de ces caractères permettraient de mieux connaître leurs interactions.

Remerciements : Je tiens à remercier MM. J.P. BENZECRI, M. POUTOUS, P. SELLIER pour leurs précieux conseils.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Y. HOUIX, P. SELLIER, G. MONIN : Effets de la sensibilité à l'halothane sur les caractères de croissance et de composition corporelle chez le porc, dans les Journées de la Recherche Porcine en France, Vol 15, pp 245-254 ; 1983.

L. OLLIVIER : Etude du déterminisme héréditaire de l'hypertrophie musculaire du porc Piétrain, dans les Annales de Zootechnie, Vol 17, pp 393-407 ; 1968.

P. SELLIER : Preliminary results of a selection for muscle hypertrophy in the Pietrain Breed. In KING J.W.B. and MENISSIER F. (Eds). Muscle hypertrophy of genetic origin and its use to Improve Beef Production, in pp 437-547, Martinus Nijhoff Publishers, The Hague ; 1982.

P. SELLIER : Le test à l'halothane et la sensibilité au stress, dans l'Elevage Porcin, n° 87, pp 17-21 ; 1979.