LA
REVUE SCIENTIFIQUE
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER
REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES (2e SÉRIE)

DIRECTION : MM. EUG. YUNG ET ÉM. ALGLAVE

2e SÉRIE. — 7e ANNÉE NUMÉRO 17 27 OCTOBRE 1877

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE

LECTURES DU VENDREDI SOIR.

M. FRANCIS GALTON

De la Société royale de Londres.

Les lois typiques de l'hérédité (1).

Nous sommes beaucoup trop portés à regarder les événements ordinaires comme des faits indignes de notre attention, et à accepter comme tombant sous le sens des vérités qui sont loin d'être évidentes, et qui offrent, au contraire, des problèmes du plus haut intérêt. Tel est celui sur lequel je vais appeler votre attention.

Si nous comparons deux groupes d'individus choisis au hasard dans la même race, mais appartenant à des générations différentes, pourquoi les trouvons-nous exactement semblables ? Les différences qui peuvent exister doivent toujours être attribuées à la variété des conditions générales de leur existence, dont je ne m'occuperai pas aujourd'hui ; mais pour ce qui regarde l'action de l'hérédité seule, la ressemblance qui existe entre les générations consécutives est un fait commun à toutes les formes de la vie.

Dans chaque génération il y aura des individus grands et d'autres petits ; il y en aura de gros et de minces, de forts et de faibles, de bruns et de blonds ; mais les rapports des degrés innombrables auxquels ces différents caractères se manifestent, tendent à être constants. Les relevés fournis par l'histoire géologique offrent des exemples frappants de cette ressemblance des traits généraux. On peut retirer du sein de la terre des restes fossiles de plantes et d'animaux, enfouis à des profondeurs si différentes, que des milliers de générations ont dû se succéder entre les diverses époques auxquelles ils ont vécu ; et cependant nous cherchons en vain, chez la plupart de ces fossiles, quelque particularité qui puisse servir à distinguer les générations entre elles, car chez toutes se trouvent au même degré les différences de dimensions, les signes et les variations de toutes sortes.

Les influences héréditaires se soutiennent d'une façon si merveilleuse, elles ont un équilibre tellement stable, qu'elles s'unissent pour conserver une ressemblance parfaite des caractères fondamentaux, tant que les conditions extérieures restent les mêmes.

A ceux qui prétendraient qu'il n'y a là rien de merveilleux, parce que tout individu tend à laisser après lui son semblable, de sorte que chaque génération doit ressembler à celle qui l'a précédée, nous répondrons que c'est une grande erreur. Les individus ne tendent pas tous également à laisser après eux leurs semblables, comme il est facile de le prouver par un exemple emprunté à un cas extrême.

Considérons un moment l'histoire de familles appartenant à deux groupes tout à fait différents ; par exemple, celle de 100 hommes les plus gigantesques de leur race et de leur époque, et de 100 autres de taille moyenne. Les géants se marient bien plus rarement que les hommes de taille moyenne, et, lorsqu'ils se marient, ils ont peu d'enfants. Il est prouvé par l'histoire que les géants les plus remarquables n'ont pas du tout laissé d'enfants. Donc les enfants des 100 géants qui nous occupent seront bien moins nombreux que ceux des hommes de taille moyenne. De plus, ces enfants moins nombreux seront, en moyenne, de plus petite taille que leurs pères, et cela pour deux raisons : la première, c'est que leur race sera presque infailliblement mélangée par le mariage ; la seconde, c'est que les enfants de tous les individus exceptionnels ont une tendance à revenir à la médiocrité. Par conséquent les enfants du groupe des géants seront, non-seulement très-peu nombreux, mais encore relativement petits. Et parmi ces enfants, ce seront les plus grands qui auront le moins de chances de vie. Ce ne sont pas les hommes les plus grands qui supportent le mieux les fatigues et les priva-

(1) Voyez la *Revue scientifique*, 2e série, t. X, p. 198, numéro du 26 février 1876.

tions : leur circulation est souvent peu active, et leur constitution les prédispose à la phthisie.

Il est donc évident que les 100 géants ne fourniront pas à la génération suivante la proportion qu'ils auraient dû lui donner. D'un autre côté, les 100 hommes de taille moyenne étant plus prolifiques, reproduisant plus exactement leurs semblables et supportant mieux les fatigues et les privations, laisseront après eux plus que le nombre moyen d'enfants. Cela posé, on pourrait s'attendre à trouver dans la seconde génération moins de géants et plus d'hommes de moyenne taille que dans la première. Et cependant, en fait, on trouvera dans la seconde génération le même rapport que dans la première, entre le nombre des géants et celui des hommes de taille ordinaire. On doit donc se demander pourquoi chaque individu ne laissant pas toujours après lui son semblable, les générations successives conservent néanmoins des traits généraux par lesquels elles se ressemblent toutes.

On sait, je crois, plus généralement qu'autrefois, que quoique la hauteur, le poids, la force et l'agilité soient très-différents en eux-mêmes, et que plusieurs espèces de plantes et d'animaux présentent des variétés de toutes sortes, cependant ces caractères généraux sont toujours répartis conformément à une seule loi parmi les membres d'une même espèce.

Il en est des phénomènes auxquels s'applique cette loi, comme de ces perspectives dont parle Shakespeare, qui n'offrent aux regards que la confusion, si on les regarde d'un point de vue faux.

La manière dont nous considérons ordinairement les différences qui existent entre les individus est complétement fausse. Ainsi nous jugeons naturellement, mais à tort, les différences de stature d'après celles des hauteurs prises à partir du sol, tandis que si nous nous plaçons au point de vue même de la loi de déviation, en prenant pour terme de comparaison non point la hauteur de chaque individu à partir du sol, mais la hauteur moyenne de la race, toute confusion disparaît et l'uniformité s'établit.

C'est à Quételet qu'est due la connaissance de ce fait, que, parmi les membres de la même race, les variations qui se produisent dans les différents caractères et qui les éloignent de la moyenne, tendent à se conformer à la loi mathématique de la déviation.

Le tableau suivant contient des extraits de ceux que ce savant donne à l'appui de son assertion. Les trois premières séries renferment la hauteur de la taille des Américains, des Français et des Belges, et la quatrième est relative à la force de ces derniers. Chaque série est divisée en deux colonnes parallèles, ayant pour titre *Nombres relatifs : observés, calculés*, et la conformité que présentent les chiffres donnés par ces deux colonnes est très-frappante.

Ces tableaux ont encore une autre utilité; ils permettent à ceux qui n'ont pas l'expérience de semblables statistiques d'apprécier l'admirable équilibre de l'action de l'hérédité, qui assure le retour de proportions si délicatement graduées que le sont celles présentées dans ces tableaux.

Voici le problème que je me propose de résoudre ce soir : puisque les caractères généraux des plantes et des animaux tendent à se conformer à la loi de déviation, supposons un cas typique dans lequel la conformité à cette loi soit parfaite et qui puisse se discuter comme un problème de mathématiques, et cherchons quelles doivent être les lois de l'hérédité pour maintenir l'identité statistique des générations successives.

SÉRIE DES TAILLES.	SOLDATS AMÉRICAINS. (25 878 observations.)		FRANCE. (Hargenvilliers.)		BELGIQUE. (Quételet, vingt ans d'observation.)	
	Nombres relatifs		Nombres relatifs		Nombres relatifs	
	Observés.	Calculés.	Observés.	Calculés.	Observés.	Calculés.
Mètres.						
1,90	1	3				
1,90	7	5			1	1
1,87	14	13		1		
1,84	25	28		3	2	3
1,81	45	52	25	7	7	7
1,79	99	84		16	14	14
1,76	112	117	32	32	34	28
1,73	138	142	55	55	48	53
1,70	148	150	88	87	102	107
1,68	137	137	114	118	138	136
1,65	93	109	144	140	129	150
1,62	109	75	140	145	162	150
1,60	49	45	116	132	106	136
1,57	14	24		105	110	107
1,54	8	11		73		53
1,51	1	4		44		28
1,48		1		24		14
1,45			286	11	147	7
1,42				4		3
1,39				2		1
1,36				1		
	1000	1000	1000	1000	1000	1000

DEGRÉS du dynamomètre.	FORCE DES BELGES (SUR 100).	
	Nombres relatifs	
	Observés.	Calculés.
200	1	1
190	9	10
180		
170	23	23
160		
150	32	32
140		
130	22	23
120		
110	12	10
100		
90	1	1
	100	100

J'aurai si souvent à vous parler de la loi de déviation, qu'il est absolument nécessaire que je réclame votre attention pour quelques minutes, afin de vous faire connaître le principe sur lequel repose cette loi, son but et enfin les deux nombres qui permettent de calculer de longues séries telles que celles des tableaux dont nous venons de donner une idée. La manière la plus simple d'expliquer la loi, c'est de commencer par la montrer en action. Je vais me servir pour cela d'un appareil dont j'ai déjà fait usage, il y a trois ans, dans cette enceinte, pour le développement d'autres questions qui se rattachent à la loi de déviation. Une addition faite à cet appareil nous rendra de grands services aujourd'hui, mais je commencerai par le faire fonctionner comme je l'ai fait d'abord. La portion de l'appareil, qui existait seule autrefois, et

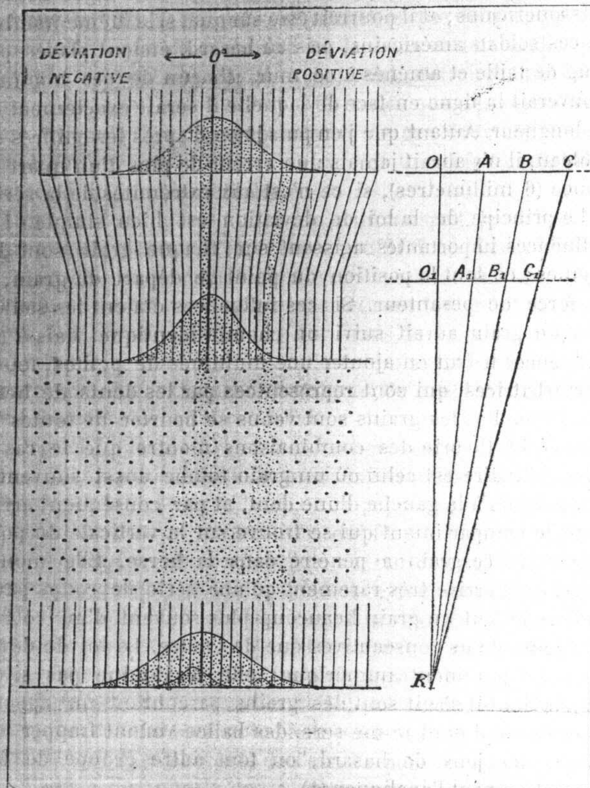

Fig. 1. — Appareil dont la partie inférieure sert à obtenir la courbe de déviation.

sur laquelle je veux appeler toute votre attention en ce moment, est représentée par la partie inférieure de la figure 1; nous y considérerons le courant de petits grains qui tombent de l'un quelconque des compartiments situés juste au-dessus des points, sa dispersion au milieu de ces points, et le petit monceau qui se forme sur la ligne du bas. Cette partie de l'appareil ressemble à une herse dont les dents seraient tournées vers nous; au-dessous de ces dents sont des cloisons verticales, et le tout est fermé en avant par une glace. Je verse des petits grains d'un quelconque de ces compartiments ou de tout autre point situé au-dessus des dents de la herse; ils tombent contre ces dents, rebondissent de l'une à l'autre, et, après avoir suivi un chemin détourné, chacun va se placer dans le compartiment situé au-dessous de l'endroit où il cesse d'être heurté.

Les chemins que parcourent les grains sont très-irréguliers; il arrive rarement que deux d'entre eux, partis du même point, suivent la même route du commencement à la fin de leur course; et cependant vous pouvez remarquer la régularité que présente le profil du tas formé par l'accumulation des grains.

Ce profil est la représentation géométrique de la courbe de déviation.

Si les rangées de dents avaient été très-peu nombreuses, la déviation eût été peu sensible : presque tous les grains seraient tombés dans le compartiment situé immédiatement au-dessous de leur point de départ, et auraient formé une colonne; si au contraire les dents avaient été très-nombreuses, les grains se seraient dispersés sur un si grand espace, que la partie de la courbe qui se trouve à droite et à gauche du point d'où sont jetés les grains, aurait présenté, jusqu'à une distance assez grande, une largeur uniforme, comme une barre horizontale. Avec des nombres moyens de dents, le profil du tas présentera différentes formes, ayant toutes une grande ressemblance entre elles. J'ai découpé plusieurs de-

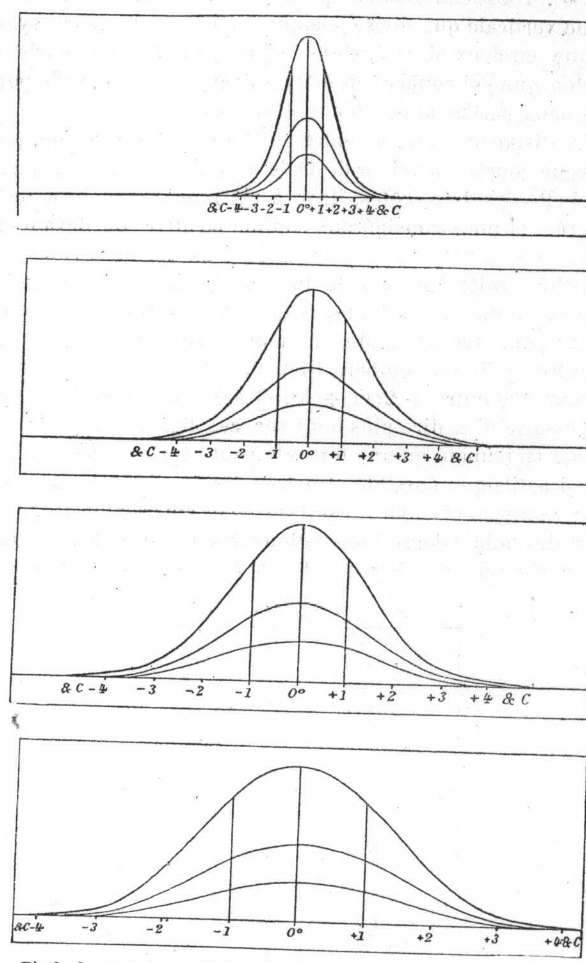

Fig. 2, 3, 4 et 5. — Centres de déviation de plus en plus allongés.

ces profils en carton; ils sont représentés par les figures 2, 3, 4 et 5. En théorie, toutes les courbes de déviation possibles peuvent être données par un appareil comme celui-ci; il suffit pour cela que les dents soient très-nombreuses et très-fines, et les grains très-petits, et que l'on fasse varier la longueur de la herse et le nombre des grains.

On peut encore tracer la courbe sur une feuille mince de caoutchouc : si on tire le caoutchouc horizontalement, on obtient la courbe produite par la plus grande dispersion des grains; si on l'allonge verticalement, la courbe donne le profil qui correspond à l'augmentation du nombre des grains.

Ce dernier mode de variation est représenté par les trois courbes que contient chacune des quatres figures; mais nous n'en parlerons pas en ce moment, parce que nous ne voulons considérer ici que les proportions internes qui ne dépendent pas du nombre absolu des grains employés. Pour préciser l'espèce de la courbe au point de vue de l'influence de la dispersion des grains, il faut mesurer l'allongement horizontal de la feuille de caoutchouc.

La courbe n'ayant pas d'extrémités définies, nous choisirons sur la base deux points entre lesquels nous mesurerons l'allongement. Un de ces points est toujours pris droit au-dessous du point d'où l'on verse les grains. C'est le point où la déviation est nulle ; il représente la position moyenne de tous les grains, ou la moyenne d'une race. Nous le désignons par 0°. Il est commode de prendre l'autre point au pied de la ligne verticale qui divise chaque moitié de la figure symétrique en deux aires égales. Je prends une demi-courbe en carton que j'ai coupée en deux suivant cette ligne; le poids des deux parties ainsi obtenues est égal.

La distance comprise entre les deux points exprime, pour chaque courbe, la valeur de 1° de déviation. Nous continuons l'échelle des deux côtés, de 0° à un nombre quelconque de degrés, et nous considérons comme positive, ou devant être ajoutée à la moyenne, la déviation d'un des deux côtés, soit le côté droit; l'autre côté indique la déviation négative, comme le montre la figure. D'après la construction, un quart ou 25 pour 100 des grains tomberont entre 0° et 1°, et la loi montre qu'il en tombera 16 pour 100 entre + 1° et + 2°, 6 pour 100 entre + 2° et + 3°, et ainsi de suite. Il n'est pas nécessaire d'en dire plus long sur ces figures, car on comprend facilement qu'une formule peut exprimer des résultats aussi petits que possible et même des fractions de degrés.

Prenons par exemple le cas des soldats américains. D'après le livre de Gould, 1 degré de déviation est pour eux de 1 pouce 676; la courbe représentée par la figure 6 a été construite dans ces

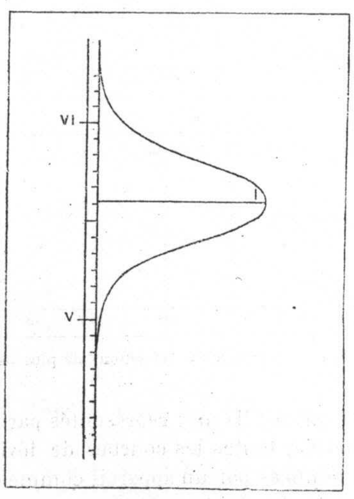

Fig. 6. — Courbe de déviation représentant la taille des soldats américains.

proportions. Je trouve dans le même auteur que la moyenne de la taille des soldats américains est 67 pouces 24. Voici un étalon divisé en pieds et en pouces. J'applique la courbe à l'étalon, et nous avons immédiatement une représentation géométrique de la hauteur statistique de tous ces soldats. Les longueurs des ordonnées indiquent approximativement la taille des hommes, et l'aire comprise entre deux ordonnées quelconques donne le nombre proportionnel d'hommes entre ces deux limites. Chose étrange en vérité, n'importe qui, sans quitter sa table, connaissant les deux nombres que je viens d'indiquer, pourrait tracer sur le papier une courbe d'après laquelle il serait possible de faire, sur une muraille, des milliers de lignes verticales, à des intervalles égaux à l'espace qu'occupe chaque homme dans une rangée de soldats américains; et il pourrait être sûr que, si le même nombre de ces soldats américains, pris au hasard, étaient placés par rang de taille et amenés à ce mur, chacun de ces hommes trouverait la ligne en face de laquelle il serait exactement de sa longueur. Autant que j'en puis juger d'après les chiffres du tableau, il n'y aurait jamais une erreur de plus d'un quart de pouce (6 millimètres), si ce n'est aux extrémités de la série.

Le principe de la loi de déviation est bien simple. Les influences importantes agissant sur chaque grain sont les mêmes; ce sont la position du point de départ du grain, et la force de pesanteur. Si ces influences étaient les seules, chaque grain aurait suivi un chemin identique. Mais à ces influences il faut en ajouter une multitude de petites, toutes perturbatrices, qui sont représentées par les dents de herse sur lesquelles les grains sont venus se heurter de toutes les façons. La théorie des combinaisons montre que le cas le plus ordinaire est celui où un grain tombe aussi souvent à la droite qu'à la gauche d'une dent, et par conséquent arrive dans le compartiment qui se trouve sur la verticale du point par lequel ce grain a pénétré dans la herse. Elle montre aussi qu'il arrive très-rarement qu'une série de coups particuliers jettent un grain beaucoup plus souvent d'un côté de plusieurs dents consécutives que de l'autre. La loi de déviation est purement numérique; elle n'examine pas si les objets dont il s'agit sont des grains parcourant un appareil comme celui dont je me sers, des balles venant frapper une cible, des jeux de hasard, ou tout autre groupe de faits auquel on peut l'appliquer (1).

Voilà ce que j'avais à dire pour expliquer en quoi consiste la loi. Le sujet est aride, je le sais, mais j'espère que les applications que j'en veux faire paraîtront plus intéressantes.

Et d'abord, je veux appeler l'attention sur un fait que Quételet, et tous ceux qui ont traité le même sujet après lui, ont négligé; ce fait a un rapport intime avec ce qui nous occupe en ce moment. Pourquoi les caractères des plantes et des animaux obéissent-ils à cette loi? C'est là ce que personne n'a encore expliqué. La loi consiste essentiellement en ce que les différences doivent provenir entièrement des actions réunies d'une multitude de petites influences indépendantes les unes des autres, et formant des combinaisons variées, influences que nous avons représentées par les dents de herse sur lesquelles les grains viennent tomber de diverses manières. Or, les actions héréditaires qui limitent le nombre des enfants d'une certaine classe — des géants, par exemple — qui diminuent leur ressemblance avec leurs parents, qui en font périr un grand nombre, ne sont pas de petites influences, mais bien de très-importantes. Toute tendance sélectionnelle anéantit la loi de déviation, et cependant, parmi les actions héréditaires se trouve la grande influence de la sélection naturelle.

(1) Plutôt par habitude, ce me semble, que d'après une théorie, Quételet a toujours donné pour base à ses tables une puissance élevée d'un binome. La théorie que nous exposons ici ne peut accepter de limites fondées sur un binome, mais nous force à donner à la loi de déviation une forme exponentielle.

La conclusion que l'on doit tirer de ce qui précède est d'une importance capitale pour le problème qui nous occupe. Cette conclusion, la voici : les actions héréditaires doivent s'exercer d'accord avec la loi de déviation, et s'y conformer elles-mêmes en quelque sorte. Cette conformité doit exister pour chacune des actions prise à part et indépendamment des autres. Nous ne pouvons admettre que deux de ces actions, telles que la réversion et la sélection naturelle, par exemple, suivent des lois si exactement contraires, que l'une corrige ce que l'autre aurait gâté, parce que des caractères, pour lesquels l'importance relative de ces deux actions est très-différente, peuvent néanmoins être tout à fait conformes à la condition fondamentale.

Lorsque cette idée se présenta à mon esprit, je vis sur-le-champ que très-peu d'expériences suffiraient pour arriver à la solution du problème. Les conséquences de la loi de déviation ne sont pas nombreuses, et sont tout à fait particulières. Par conséquent tout ce que nous devions demander à l'expérience, c'était une indication. Je n'avais pas besoin de preuve, car les exigences théoriques du problème devaient m'en fournir. Ce qu'il me fallait, c'était l'indication du côté vers lequel je devais diriger mes recherches.

J'en viens maintenant à mes expériences. Je cherchai d'abord pendant quelque temps une population qui possédât un caractère pouvant se mesurer, qui fût d'accord avec la loi, et qui convînt à mes recherches. Je me déterminai enfin à prendre les graines et leur poids, et, après bien des recherches préparatoires, je choisis les graines de pois de senteur. Elles convenaient tout particulièrement à ce que je me proposais : elles ne se fécondent pas par croisement, ce qui est une condition tout exceptionnelle ; elles sont résistantes, prolifiques, maniables ; enfin, leur poids ne change pas avec l'humidité ou la sécheresse de l'air. Le pois de petite dimension placé à l'extrémité de la gousse, et qui caractérise les pois ordinaires, manque chez les pois de senteur. J'ai pesé un à un des milliers de ces pois, et je les ai traités comme un recenseur traiterait une population nombreuse. J'ai donc formé avec grand soin plusieurs catégories destinées à être semées ; chacune d'elles se composait de sept petits paquets, contenant chacun dix graines exactement du même poids. Les paquets numéro 1 étaient composés de graines géantes, correspondant aussi exactement que possible à $+ 3°$ de déviation ; les numéros 7 au contraire étaient composés de très-petites graines, toutes de $- 3°$ de déviation. Les paquets des numéros intermédiaires correspondaient aux degrés intermédiaires $\pm 2°$, $\pm 1°$ et 0. Quand on veut représenter aux yeux les résultats obtenus, comme les graines sont trop petites pour être montrées elles-mêmes à une assemblée nombreuse, on peut découper des disques de papier rigoureusement proportionnels aux grosseurs de ces graines, et des bandes de papier également proportionnelles à leurs poids, et y joindre les feuilles produites par une catégorie complète. Un certain nombre de mes amis et de mes connaissances ont bien voulu se charger de semer et de cultiver chacun une catégorie complète, ce qui m'a permis d'organiser autant d'expériences simultanées sur différents points du Royaume-Uni. Deux de ces expériences ont manqué ; mais j'ai pu obtenir le produit plus ou moins complet de sept catégories, c'est-à-dire, de $7 \times 7 \times 10 = 490$ graines pesées avec soin.

Il serait trop long de donner ici tous les détails des expériences, et d'énumérer toutes les petites difficultés et les imperfections qu'elles ont présentées. Je ne dirai pas non plus comment j'ai décidé les cas douteux, comment j'ai groupé les résultats pour voir s'ils s'accordaient entre eux ; en un mot, comment j'ai exécuté toutes les opérations de la statistique. Je me contenterai de dire que je me suis donné une peine immense, peine dont je me serais peut-être épargné une grande partie, si j'avais compris aussi bien que maintenant les conditions générales du problème. Les résultats obtenus ont été fort satisfaisants : ils m'ont fourni les deux données dont j'avais besoin pour comprendre la forme d'hérédité la plus simple, de sorte que je suis arrivé du premier coup au cœur même du problème.

Voici le sens que j'attache à l'expression hérédité simple. Le parent doit être unique, comme cela existe pour les pois de senteur, dont les fleurs sont hermaphrodites, et le taux de production et l'action de la sélection naturelle doivent tous deux être indépendants du caractère. Les seules actions se rattachant à l'hérédité simple qui puissent avoir de l'influence sur les caractères d'une partie d'une population, sont la variabilité de famille et la réversion. Il est bon de définir d'une manière claire ces deux termes. Par variabilité de famille, nous voulons dire la tendance qu'ont les enfants d'une même famille, ou de plusieurs familles de même origine, à s'écarter du type idéal moyen commun à toutes. La réversion est la tendance de ce type filial moyen idéal à s'écarter du type paternel, pour revenir à ce que l'on pourrait appeler le type ancestral moyen. Si la variabilité de famille avait été la seule action qui, dans l'hérédité simple, exerçât son influence sur les caractères des individus, l'écart entre la race et son type idéal moyen s'accroîtrait indéfiniment avec le nombre des générations ; mais la réversion tend à diminuer cet écart, et à le maintenir dans certaines limites, en vertu de conditions que nous allons expliquer.

En pesant et en assortissant de nombreux échantillons des produits donnés par chacune des sept catégories différentes de pois dont j'ai parlé plus haut, j'ai constaté partout la persistance de la loi de déviation, et j'ai trouvé partout la même valeur pour un degré de déviation. Sans doute, j'ai été surpris de voir que la variation de famille des produits des petites graines était égale à celle des grosses ; mais le fait était là, et je m'en réjouis, car autrement il m'eût été impossible, par suite de considérations théoriques, d'imaginer le moyen de résoudre le problème.

Autre fait remarquable, la réversion suit la loi la plus simple possible : entre la déviation du poids moyen des produits pris en général et la déviation de la graine mère, il y a un rapport constant, toujours en comptant à partir du même point fixe. Pour un cas typique, ce point fixe doit être la moyenne de la race ; sans cela, la déviation ne serait plus symétrique, et cesserait de suivre la loi que nous venons d'indiquer.

L'appareil que représente la figure 1 montre le mode d'action de ces deux causes. Nous pouvons les considérer comme agissant, non point simultanément, mais l'une après l'autre, et nous sommes libres d'admettre l'une ou l'autre comme agissant la première. Je suppose que la réversion agisse en premier lieu, puis ensuite la variabilité de famille ; ceci revient à dire que je suppose que le parent revienne d'abord vers le type primitif, puis tende à produire son semblable. Nous avons donc trois phases : 1° la population des parents, 2° celle des parents revenus vers le type primitif, 3° celle de leurs descendants; ou encore, ce ui revient au même, 1° la population des parents, 2° celle des produits moyens de chaque parent, 3° celle de leurs produits réels. Dans la disposition que j'ai donnée à mon appareil, j'ai supposé que le nombre des individus composant la population reste uniforme. Ceci est absolument sans importance au point de vue théorique, car tout ce mémoire se rapporte aux particularités distinctives des groupes, abstraction faite du nombre absolu des individus dont ces groupes sont formés. L'appareil dont il s'agit se compose d'une rangée de compartiments verticaux, munis chacun d'une trappe à sa partie inférieure; ces compartiments doivent contenir des grains, lesquels représentent une population de graines. Je vais d'abord montrer comment cet appareil peut représenter la réversion. Dans la partie supérieure de l'appareil, le nombre des grains contenus dans chaque compartiment représente le nombre relatif des individus d'une population de graines dont le poids s'écarte de la moyenne, les limites de cet écart étant exprimées par les distances des parois de ce compartiment au centre. Une fente faite suivant une courbe convenable dans la planchette qui forme le fond de l'appareil, sert à donner au monceau de grains la forme qu'il doit avoir. Comme l'appareil est fermé à sa partie antérieure par une glace, je n'ai qu'à y verser d'en haut des grains jusqu'à ce que ceux-ci arrivent au niveau de la fente; tout ce que j'aurai versé de trop s'échappera par la fente et se perdra derrière l'appareil. Les grains qui forment la droite du petit monceau représentent les graines les plus lourdes; ceux de gauche, les graines les plus légères. Je vais ouvrir la trappe qui soutient les rares représentants des graines gigantesques : ils tomberont le long d'un plan incliné, pour se rendre dans un autre compartiment plus près du centre que celui où ils étaient. J'ouvrirai de même un second compartiment de l'étage supérieur, puis successivement tous les autres. Tous les plans inclinés qui partent de ces compartiments convergent vers un seul et même point situé sur la verticale du milieu; par conséquent le profil nouveau du monceau de grains sera moins large que le précédent, et devra naturellement être plus élevé au centre. Sans nous occuper de cette élévation, contentons-nous de constater que tous les degrés de déviation sont diminués à la fois. L'effet produit est le même que si l'on avait copié le profil du premier monceau sur un feuille de caoutchouc tendue, et qu'on eût ensuite permis à cette feuille de se détendre. D'après cela il est évident que la réversion agit dans le même sens que la loi générale de déviation. La seule inspection du triangle ROC (fig. 1) indique suffisamment le principe de la loi de réversion; nous avons donné le nom de coefficient de réversion au rapport constant $\frac{OA_1}{OA} = \frac{OB_1}{OB} = \frac{OC_1}{OC}$.

Je veux maintenant montrer les effets de la variabilité sur les membres de la même famille. On n'a pas oublié que les produits des pois de la même catégorie dévient normalement de part et d'autre de leur poids moyen; par conséquent, je dois faire en sorte que les grains qui étaient dans chacun des compartiments supérieurs dévient à droite et à gauche du compartiment dans lequel ils se trouvent maintenant, lequel correspond à celui du poids moyen de leurs produits. J'ouvre la trappe qui ferme un des compartiments de l'étage inférieur : les grains passent à travers la herse en se dispersant à mesure qu'ils avancent, et forment un petit monceau dans les compartiments les plus bas; le centre de ce monceau se trouve sur la verticale de la trappe par laquelle les grains sont tombés. C'est là ce que donnent à la génération suivante tous les individus appartenant au compartiment de l'étage le plus élevé d'où sont venus ces grains. Ils sont d'abord revenus vers le type primitif, puis s'en sont écartés. J'ouvre une autre trappe, et la même action se reproduit; dans ce cas, quelques grains extrêmes viennent s'ajouter au monceau déjà formé. Je continue de même : chaque fois un nouveau monceau vient s'ajouter aux précédents, et, quand tous les grains sont tombés, nous voyons que tous les monceaux réunis en donnent un nouveau absolument semblable à celui dont ils proviennent. Une formule (voyez l'appendice) exprime les conditions d'équilibre; ces conditions m'ont servi de guide pour découper, dans la paroi postérieure du compartiment d'en haut, la fente qui a déterminé le profil du monceau primitif. Comme exemple des résultats que donne la formule, je dirai que, si la déviation qui suit la réversion est à celle qui précède dans le rapport de 4 à 5, et si 1 degré de variabilité de famille vaut 6, alors la valeur de 1 degré pour la population sera 10.

Il est facile de prouver que le profil du monceau inférieur est rigoureusement une courbe de déviation, et que son échelle tend invariablement à devenir égale à celle du profil supérieur. J'ai fait voir plus haut, on doit s'en souvenir, qu'on pouvait produire toutes les variétés possibles de courbes de déviation, en faisant varier la longueur de la herse, et qu'en arrêtant les grains à des niveaux différents, dans leur chute, on obtiendrait une série de courbes à déviation de plus en plus grande. La courbe de l'étage inférieur peut donc être considérée comme produite par un de ces arrêts, et, en descendant encore d'un étage, l'échelle de dispersion est simplement augmentée.

Pour l'échelle exacte de déviation qui caractérise chaque population, suivons en esprit l'histoire des descendants d'une seule graine de grandeur moyenne. Chez la première génération, les différences sont uniquement celles qui proviennent de la variabilité de famille; chez la seconde, la tendance à un écart plus considérable est combattue dans une certaine mesure par l'effet de la réversion; chez la troisième, l'écart augmente encore, mais est combattu avec plus de force, et ces actions continuent chez les générations successives, jusqu'à ce que les progrès graduels de la variabilité aient été exactement neutralisés par l'opposition croissante de la force de réversion. Celle-ci obéit exactement aux lois qui régissent les ressorts élastiques, et l'hypothèse de la feuille de caoutchouc est bien conforme à ce qui se passe en réalité. Plus la tension à laquelle on la soumet est grande, plus elle tend à revenir sur elle-même; aussi l'équilibre doit-il finir par s'établir entre la réversion et la variabilité de famille, de sorte qu'après un grand nombre de générations, l'échelle de déviation du monceau inférieur doit toujours devenir identique à celle du monceau supérieur.

Nous avons résolu le point le plus difficile de notre problème; les autres points n'exigeront pas de longs développements. Ces points sont la sélection sexuelle, la fécondité et la sélection naturelle. Supposons désormais que la taille et tous les autres caractères de tous les individus d'une population, soient ramenés à un type mâle adulte uniforme, de sorte que nous puissions traiter cette population comme un seul groupe. Supposons, par exemple, une femme dont la taille soit égale à la taille féminine moyenne + 3° de déviation féminine, l'équivalent en fonction de taille masculine, sera la taille masculine moyenne + 3° de déviation masculine. Par conséquent la femme en question ne doit pas être représentée par le nombre de pieds et de pouces de sa taille véritable, mais par ceux de la taille masculine équivalente.

Dans cette hypothèse, nous pouvons considérer la moyenne numérique de la taille de chaque couple comme l'équivalent d'un seul parent hermaphrodite, de sorte qu'une plante mâle présentant 1 degré de déviation et une plante femelle présentant 2 degrés de déviation seraient prises ensemble comme une seule plante hermaphrodite présentant 1 degré 1/2 de déviation.

Pour que la loi de sélection sexuelle convienne aux conditions d'une population typique, il faut que la sélection soit nulle, c'est-à-dire que les hommes de grande taille n'aient pas la moindre tendance à épouser des femmes de grande taille plutôt que des femmes petites. Chaque qualité strictement typique considérée en elle-même ne doit compter pour rien dans la sélection sexuelle. Dans ce cas, une des propriétés les mieux connues de la loi de déviation montre que la population de sommes de couples se conformerait exactement à la loi, et que la valeur de 1 degré serait celle de la population primitive multipliée par $\sqrt{2}$. Par conséquent, la population de moyennes de couples se conformerait également à la loi; mais dans ce cas, comme les déviations de moyennes de couples ne sont que moitié de celles des sommes de couples, le degré de déviation primitive devrait être divisé par $\sqrt{2}$.

Les deux autres points qui nous restent à considérer sont la fécondité et la survivance. Physiologiquement parlant, ces points sont semblables et il est raisonnable d'admettre qu'ils obéissent à la même loi générale. La sélection naturelle a pour mesure la proportion des survivances parmi les individus nés avec des caractères semblables. La fécondité se mesure par le nombre moyen d'enfants nés de tous les parents qui possèdent des caractères semblables; mais au point de vue physiologique, elle peut être regardée comme la proportion de survivance d'un nombre immense et inconnu d'embryons possibles, que pouvaient produire de tels parents. Il est vrai que nous ne connaissons pas ce nombre ; mais ce n'est pas là une difficulté, si l'on peut admettre qu'en moyenne il est le même pour toutes les catégories. L'expérience ne pourrait m'apprendre que fort peu de chose sur la sélection naturelle ou la fécondité ; ce que j'en dirai est donc uniquement fondé sur la théorie. Je parlerai de préférence, et pour mieux m'expliquer, de la sélection naturelle. Dans chaque espèce, la taille et les autres qualités les plus favorisées par la sélection naturelle, sont celles pour lesquelles les inconvénients de l'excès ou du défaut sont le plus souvent compensés. Il n'y a donc rien de déraisonnable à considérer la nature comme un bon tireur, dont les coups sont sujets à la loi de déviation, en vertu de laquelle, la balle dirigée contre la cible frappe à gauche ou à droite du centre. Il ne serait pas difficile, mais il serait ennuyeux, de démontrer que la comparaison est juste; mais il est inutile de le faire, parce que je me propose de fonder cette analogie sur les exigences de la formule typique, aucune autre hypothèse ne pouvant y satisfaire. Supposons un instant que la nature vise, comme le ferait un tireur, la catégorie moyenne, dans le but de la détruire et non de la conserver. Soit un bloc de pierre représentant un rempart (fig. 7), et supposons qu'un canon soit pointé sur une ligne verticale tracée sur la face antérieure de ce bloc, dans le but d'y faire une brèche ; les boulets frapperont surtout dans le voisinage de la ligne verticale, et leurs empreintes deviendront plus rares à mesure qu'on s'éloignera de cette ligne, ce qui est

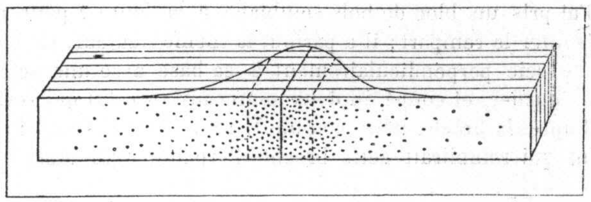

Fig. 7. — Muraille de pierre entamée à coups de canon.

conforme à la loi de déviation. Chaque boulet emportera un fragment de pierre, ce qui donnera une brèche dont le contour horizontal sera la courbe que nous connaissons bien. C'est ainsi que la nature agirait si elle visait à détruire les tailles moyennes. Son action pour les conserver est exactement la réciproque de ce que nous venons de décrire ; cette action serait représentée par une substance remplissant la brèche et remplaçant exactement les parties enlevées par les boulets. L'épaisseur du rempart, détruite à chaque degré de déviation, est représentée par l'ordonnée de la courbe ; par conséquent, la proportion de survivance est aussi une ordonnée de la même courbe de déviation. Son échelle a une valeur spéciale dans chaque cas, sous la condition générale pour chaque cas typique, que son 0° corresponde au 0° de déviation de la hauteur ou de la qualité en question, quelle qu'elle soit. Dans la figure 8, l'épaisseur de muraille qui a été enlevée à chaque degré de déviation est représentée par

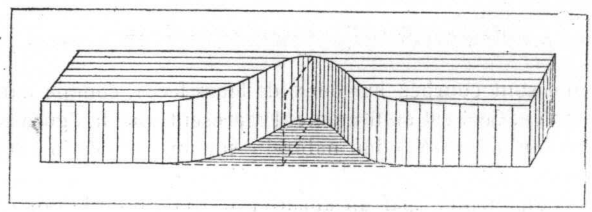

Fig. 8. — Profil de la brèche faite par les boulets.

l'ordonnée correspondante du profil horizontal de la portion restante. De même, s'il s'agit d'une population imaginaire dans laquelle chaque catégorie d'hommes soit également nombreuse, le nombre de ceux qui survivent, pour chaque degré de déviation, sera représenté par l'ordonnée correspondante de cette courbe, ou d'une courbe semblable.

Mais dans la population primitive contre laquelle nous supposons que la nature dirige ses coups, les représentants de chaque classe ne sont pas également nombreux, mais sont arrangés conformément à la loi de déviation, la classe moyenne étant la plus nombreuse, tandis que les classes extrêmes ne sont représentés que par quelques rares sujets. L'ordonnée du profil dont nous avons déjà parlé plus haut, représentera dans ce cas, non pas le nombre absolu, mais bien la proportion de ceux qui survivent à chaque degré de déviation.

Si l'on veut avoir une représentation graphique du nombre absolu de ceux qui survivent à chaque degré, il faut donner au rempart qui sert de cible à la nature une forme telle que sa hauteur soit maxima au milieu, et qu'elle s'abaisse des deux côtés, conformément à la loi de déviation. La figure 9 représentera alors le rempart courbe avant le renversement de la partie qui a reçu les coups, et la figure 10, ce même rempart après ce renversement.

J'ai pris un bloc de bois semblable à la figure 7 pour représenter le rempart; il a partout la même hauteur. Ce bloc a été scié perpendiculairement à sa base avec une scie à chantourner, et coupé en deux morceaux — celui qui resterait après la brèche faite, comme le représente la figure 8, et celui qui remplirait cette brèche. Perpendiculairement à la

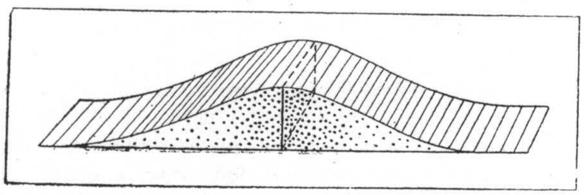

Fig. 9. — Rempart courbe encore intact.

face du rempart, on découpe alors, avec la scie à chantourner, l'équivalent du monceau de grains qui représente la population primitive. La brèche qui serait faite dans ce monçeau et la petite masse qui serait nécessaire pour remplir cette

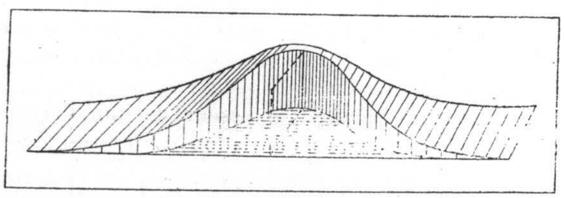

Fig. 10. — Rempart courbe après la brèche faite.

brèche, sont courbes sur deux de leurs faces, comme dans le modèle. Ceci est suffisamment représenté par la figure 10.

L'action de la sélection naturelle sur une population déjà arrangée conformément à la loi de déviation, est représentée plus complétement par un appareil (fig. 11), dont je vais expliquer le mécanisme.

La paroi antérieure de cet appareil est formée par une glace. Le monceau que l'on voit dans le compartiment supérieur a 75 millimètres d'épaisseur, et les grains portent sur des plans mobiles. Juste au-dessous de ces plans s'étend, d'un côté de l'appareil à l'autre, une cloison courbe, destinée à séparer les grains, lors de leur chute, en deux portions, dont l'une s'échappera par la paroi postérieure, et l'autre sera dirigée en avant et formera un nouveau monceau. La courbe de cette cloison est une courbe de déviation. Ce monceau a le même profil que la masse qui remplirait la brèche représentée figure 10. C'est au milieu que sa hauteur et son épaisseur sont maxima, et ces deux quantités diminuent vers l'une et l'autre extrémité. Lorsque l'on enlève le plan qui sert de base au monceau, les grains suivent un plan incliné qui les dirige vers un cadre dont les bords ont une hauteur peu considérable, mais uniforme. Les grains qui viennent des compartiments profonds du centre (nous n'avons pu en représenter dans la figure autant qu'il y en a réellement dans l'appareil) s'élèveront beaucoup au-dessus du fond du cadre peu profond, tandis que ceux qui proviennent des compartiments extrêmes présenteront encore moins de hauteur qu'ils n'en présentaient auparavant. Il en résulte que les grains qui ont subi la sélection forment, dans le compartiment inférieur, un monceau dont l'échelle de déviation est beaucoup moins étendue que

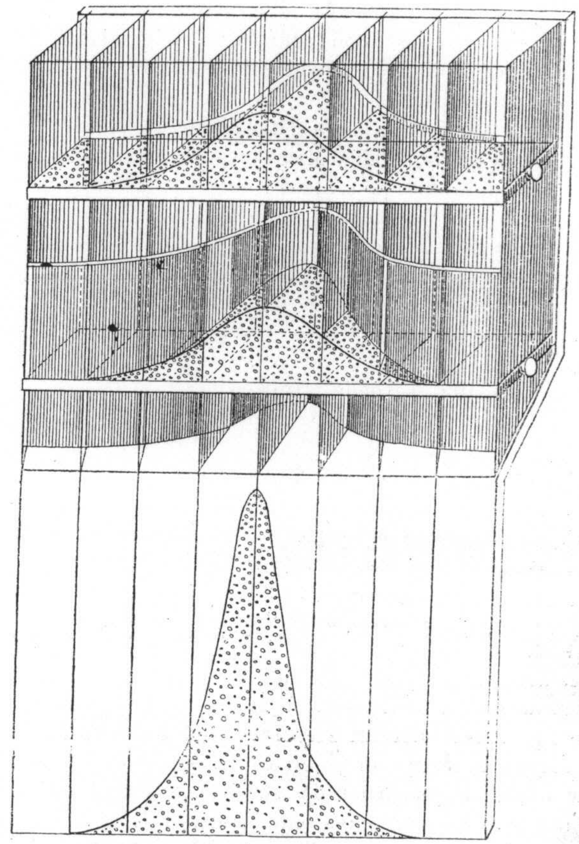

Fig. 11. — Appareil servant à faire comprendre l'action de la sélection naturelle.

celle du monceau primitif. La forme de ce monceau est parfaitement normale, grâce à une propriété théorique et intéressante de la loi de déviation (voyez la formule à la fin de ce mémoire).

La fécondité suit la même loi générale que la survivance, parce qu'elle est proportionnelle à la production possible; bien qu'on la considère ordinairement comme un simple multiple, sans la ramener au taux pour cent. Si on la considère comme un simple multiple, la face antérieure de chaque compartiment dans le monceau le plus élevé représente le nombre des parents de la même catégorie, et la profondeur de la cloison au-dessous du compartiment représente le nombre moyen que produit chaque individu de cette classe.

Je me résume. Nous voyons maintenant la manière dont se maintient la ressemblance d'une population. Dans le cas type, toutes les actions d'hérédité et de sélection sont soumises à des lois simples et bien définies, que j'ai formulées dans l'appendice. La variabilité de famille, la fécondité et la survivance obéissent toutes à la loi de déviation, et la réversion est exprimée par un simple coefficient fractionnel. Il en résulte que, lorsque nous connaissons, pour un caractère quelconque, les valeurs de 1° dans les différentes courbes de la variabilité de famille, de la fécondité et de la survivance, et que nous connaissons aussi le coefficient de réversion, nous savons d'une façon absolue comment le caractère en question sera réparti dans la population prise dans son ensemble.

Je ne me suis occupé, dans cette explication, que des cas purement typiques, mais il est aisé de comprendre comment les diverses actions que nous avons considérées se modifieraient dans les autres cas. Il se pourrait que la réversion ne se dirigeât pas vers la moyenne de la race; que ni la fécondité ni la survivance ne fussent les plus grandes possibles dans les catégories moyennes, et qu'aucune de leurs lois n'eût un caractère rigoureusement typique. Malgré cela, dans tous les cas les principes généraux seraient les mêmes, et les actions qui contre-balancent la variabilité peuvent toujours empêcher les valeurs moyennes de dépasser certaines limites, dans les cas où les actions dont nous venons de parler s'exercent avec une certaine irrégularité. Les lois typiques sont celles qui expriment, avec la plus grande approximation, ce qui se passe dans la nature en général; il se peut qu'elles ne s'appliquent jamais d'une façon absolument exacte à un cas donné; mais en même temps elles seront toujours à très-peu près vraies, et toujours fort utiles quand il s'agira d'expliquer les faits. Elles nous font comprendre comment les lois de sélection sexuelle, de fécondité et de survivance aident la loi de réversion à combattre les effets de la variabilité de famille. Elles nous montrent que la sélection naturelle n'agit pas en taillant chaque génération nouvelle d'après un patron défini sur un lit de Procuste, et sans tenir compte des matériaux perdus. Elles font voir aussi quel faible contingent les générations suivantes reçoivent de ceux qui s'écartent beaucoup de la moyenne, soit par excès, soit par défaut, et elles nous permettent de découvrir quelles sont au juste les sources qui servent à remplir les vides laissés dans le produit des types exceptionnels, et quelle est la part fournie par chacune de ces sources. Elles prouvent que le développement généalogique ordinaire d'une race se fait par la croissance régulière du centre, le dépérissement régulier des couches excentriques, et la tendance des maigres restes de tous les individus exceptionnels à revenir à la médiocrité d'où la majorité de leurs ancêtres sont primitivement sortis.

FRANCIS GALTON.

Appendice.

Réduisons maintenant les lois typiques en formules. Dans tout ce qui précède, nous avons considéré 1° de déviation comme égal à l'*erreur probable* $= C \times 0{,}4769$ dans la formule bien connue

$$y = \frac{1}{c\sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{c^2}}.$$

D'après cela, si x représente la déviation exprimée en unités de longueur quelconques, alors le nombre des individus d'une catégorie donnée qui dévient entre x et $x + \delta x$ variera comme $e^{-\frac{x^2}{c^2}}\delta x$. N'oublions pas que dans cette formule nous n'avons généralement pas à tenir compte du coefficient.

Désignons par c_0 le module de déviation c de la population primitive, quand une fois la mesure de tous ses membres, pour le caractère dont on s'occupe, a été ramenée au type du mâle adulte.

1° La sélection sexuelle est considérée comme zéro, de sorte que la population de parents est une population dont chaque unité est la moyenne d'un couple. Cette population, nous le savons, obéit à la loi de déviation, et nous avons déjà vu que son module, que nous appellerons c_1, est égal à

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot c_0.$$

2° La réversion est exprimée par un simple coefficient fractionnel de la déviation, que nous appellerons r. Pour les couples qui retournent au type primitif,

$$y = \frac{1}{c\, r\sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{r^2 c^2}}.$$

En un mot, la population dont chaque unité est un couple ayant subi la réversion, suit la loi de déviation, et a un module, que nous représenterons par c_2, égal à rc_1.

3° Fécondité. Nous avons vu qu'elle suit la loi de déviation; soit f son module. Alors le nombre des enfants de chaque couple qui diffère de x de la moyenne des couples en général (c'est-à-dire de la moyenne de la race), variera comme $e^{-\frac{x^2}{f^2}}$; mais le nombre de ces couples varie comme $e^{-\frac{x^2}{c_2^2}}$, donc si chaque enfant ressemblait d'une façon absolue au parent, le nombre des enfants déviant de x varierait comme

$$e^{-\frac{x^2}{f^2}} \times e^{-\frac{x^2}{c_2^2}}$$

ou comme

$$e^{-x^2\left[\frac{1}{f^2} + \frac{1}{c_2^2}\right]}$$

Par conséquent, les déviations de ces enfants suivraient la loi sous le rapport de leur étendue et de leur fréquence, et le module de la population d'enfants, dans le cas admis par nous, d'une ressemblance absolue avec leurs parents, module que nous représentons par c_3, remplit la condition

$$\frac{1}{c_3} = \sqrt{\frac{1}{f^2} + \frac{1}{c^2}}$$

Mais nous pouvons aussi admettre que le nombre des parents augmente et que la fécondité de chacun d'eux reste uniforme; cette hypothèse est plus commode que la réciproque, et cela revient au même. Nous supposons donc que les couples qui ont subi l'action de la réversion sont plus nombreux, mais aussi féconds, et dans ce cas leur module sera c_3, comme ci-dessus.

4° Nous avons démontré expérimentalement que la variabilité de famille suit la loi de déviation, son module, que nous représenterons par la lettre v, étant le même pour toutes les catégories. Par conséquent, la quantité dont un descendant quelconque s'écarte de la moyenne de sa race, dépend de deux influences réunies : de la déviation de son parent qui a subi l'action de réversion, et de sa propre variabilité de famille, lesquelles suivent toutes deux la loi de déviation. C'est là évidemment un cas de la loi bien connue de la « somme de deux mesures faillibles (1) ». Par conséquent, le module de la population dans la phase actuelle, que nous représenterons par c_4, est égal à $\sqrt{v^2 + c_3^2}$

(1) Airy, *Theory of Errors*, § 43.

5° Comme nous l'avons expliqué, la sélection naturelle suit la même loi générale que la fécondité. Soit s son module, alors le taux de la survivance des enfants qui s'écartent de x de la moyenne, varie comme $e^{-\frac{x^2}{s^2}}$; et, par les raisons que nous avons déjà indiquées, il aura pour résultat de laisser la population toujours d'accord avec la loi de déviation, mais avec un module altéré, que nous appellerons c_5 ; alors

$$\frac{1}{c_5} = \sqrt{\frac{1}{s^2} + \frac{1}{c_4^2}}$$

Si nous rapprochons tous ces résultats, nous avons, en prenant pour point de départ la population primitive dont le module est c_0

$$c_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}\, c_0 \qquad (1)$$

$$c_2 = rc_1 \qquad (2)$$

$$c_3 = \sqrt{\frac{f^2 c_2^2}{f^2 + c_2^2}} \qquad (3)$$

$$c_4 = \sqrt{v^2 + c_3^2} \qquad (4)$$

$$c_5 = \sqrt{\frac{s^2 c_4^2}{s^2 + c_4^2}} \qquad (5)$$

Et enfin, pour condition du maintien de la ressemblance statistique des générations consécutives,

$$c_5 = c_0. \qquad (6)$$

Par conséquent, si l'on donne le coefficient r et les modules v, f, s, il est facile de calculer la valeur de c_0 ou de c_5.

Dans le cas de la descendance simple, qui est celui que nous avons d'abord considéré, nous n'avons pas à nous occuper de c_0, et nous commençons par c_1. De plus, comme la fécondité et la sélection naturelle sont uniformes dans ce cas, les valeurs de f et de s sont infinies.

Par conséquent, nos équations se réduisent à

$$c_2 = rc_1$$
$$c_4 = \sqrt{v^2 + c_2^2}$$
$$c_4 = c_1,$$

d'où nous tirons

$$c_1^2 = \frac{v^2}{1 - r^2}$$

Faisons, par exemple, $r = \frac{4}{5}$ et $v = 6$; il vient

$$c_1^2 = \frac{36}{1 - \frac{16}{25}} = \frac{36 \times 25}{9} = 100,$$

ou

$$c_1 = 10$$

comme nous l'avions déjà dit.

FRANCIS GALTON.

ASSOCIATION FRANÇAISE

POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

Congrès du Havre (1).

SÉANCES GÉNÉRALES

M. P. VIAL

La navigation transocéanienne.

Mesdames, messieurs,

Votre gracieuse visite au Havre nous montre tout l'intérêt que vous portez à nos industries spéciales ; c'est donc avec confiance que je viens soumettre à votre bienveillante attention une étude rapide sur la navigation transatlantique.

Elle s'est développée progressivement avec les sciences modernes dont vous êtes les dignes représentants, et elle attend de vos généreux efforts les moyens d'accroître, dans une mesure que nous n'oserions indiquer, le rôle si considérable qui lui est attribué au sein de notre société actuelle.

Autrefois, les relations entre les peuples étaient lentes et difficiles. Des siècles s'écoulaient avant que les idées ou les découvertes exploitées dans un pays fussent adoptées dans des contrées assez rapprochées.

Néanmoins, les hommes les plus dénués de ressources ont toujours fait des efforts persévérants pour communiquer avec leurs semblables, malgré les barrières placées entre eux par la nature. J'ai vu, dans l'Océanie, des familles nombreuses s'entasser dans des pirogues légères, avec une petite provision d'eau et de fruits, pour aller visiter des îles éloignées de plusieurs centaines de lieues.

Se guidant par les étoiles, souffrant de la faim et de la soif, battus par les orages qui dévastent quelquefois les solitudes de l'océan Pacifique, ces hardis navigateurs atteignent, généralement, le but de leurs voyages, après avoir épuisé leurs faibles ressources et avoir déployé une énergie que nos pères montraient autrefois aussi, lorsqu'ils allaient à la recherche des limites du monde.

Ces courageux voyageurs bravent toutes les privations, tous les périls, dans le but de maintenir des relations séculaires.

Quelquefois, il est vrai, on rencontre loin des terres des pirogues désemparées, rejetées au large par les courants et les vents ; la soif, la faim et le soleil des tropiques ont courbé les passagers sous leur étreinte dévorante ; le démon des voyages a fait de nouvelles victimes. Mais ce dénoûment redoutable ne décourage point les autres voyageurs ; on croirait plutôt que le danger constitue un attrait irrésistible pour les âmes courageuses qui sont toujours disposées à se précipiter, à travers les obstacles, à la recherche de l'inconnu.

Telle est la grande navigation chez les peuples primitifs. Ils se confient à des embarcations fragiles formées de troncs d'arbres creusés par le moyen du feu, ou à des planches cousues avec des fibres de latanier ; ils ajoutent quelquefois à leurs barques des balanciers attachés avec des liens d'é-

(1) Voir ci-dessus, pages 169, 193, 220, 244, 274, 299, 325 et 353, numéros du 25 août, des 1er, 8, 15, 22 et 29 septembre et des 6 et 13 octobre.