

la respiration détruit d'une manière incessante pendant toute la durée de la vie.

Le sang charrie dans le tissu de tous organes les principes nécessaires à leur nutrition. Il est aussi la voie par laquelle sont éliminées les substances dont le séjour dans l'organisme occasionnerait de grands désordres ; c'est pour les animaux un fluide à la fois réparateur et épurateur ; son action dans les phénomènes vitaux, sa destruction, son renouvellement exigent que ce fluide soit animé d'une certaine vitesse.

Le sang éprouve une importante modification de la part de l'oxygène ; il y a combustion, oxydation, et par suite production de chaleur. Dans les animaux chez lesquels l'air n'agit pas immédiatement sur toute la superficie du corps, il existe un organe spécial, le poumon, où le sang revient périodiquement subir les effets de l'atmosphère. Dans son parcours, il dépose dans les tissus des matières assimilables, élimine celles qui seraient nuisibles à l'organisme et recrute les éléments qu'élaborent les voies digestives pour le reconstituer.

Ce mouvement continu, cette circulation du sang a lieu dans une direction constante, par une force d'impulsion dont le siège est dans le cœur.

Pendant le contact du sang dont le poumon est imbibé avec l'air, il se réalise un phénomène chimique important. Une partie de l'oxygène que l'animal fait pénétrer dans sa poitrine, en respirant, est changé en acide carbonique aux dépens d'une fraction du carbone du sang ; à chacune des expirations qui suit

une aspiration, le volume de gaz acide carbonique mêlé à l'air expulsé des poumons, représente, à très-peu près, le volume de l'oxygène anéanti. L'acide carbonique est moindre, parce que ce n'est pas seulement le carbone qui s'unit à l'oxygène ; une partie de l'hydrogène s'y combine également, de sorte que dans la respiration, indépendamment d'une production d'acide carbonique, il y a formation d'une certaine quantité d'eau qui se confond avec celle émise par la transpiration pulmonaire. Enfin, l'oxydation de quelques-uns des éléments du sang contribue à la disparition de l'oxygène de l'air inspiré.

La respiration a donc, par ses produits, la plus grande analogie avec la combustion ; j'ajoute que l'analogie se maintient dans les effets, car, c'est sans aucun doute à l'action chimique réalisée dans l'appareil respiratoire, qu'est due la chaleur animale, la température que possède, à divers degrés mais avec constance, tous les êtres vivants.

La quantité d'oxygène absorbée dans un temps donné, pendant la respiration d'un animal, dépend donc pour la plus grande partie du carbone et de l'hydrogène brûlés ; mais, l'acide carbonique et l'eau formés dans cette circonstance, varient naturellement avec l'espèce, l'âge et le poids des individus.

Les belles expériences de M. Scharling ont donné les nombres suivants comme représentant le carbone brûlé durant la respiration de l'homme.

TABLEAU.

AGE ET SEXE DE L'INDIVIDU.	POIDS	CARBONE
	de l'individu.	brûlé en 24 heures.
	kilogrammes.	grammes.
Homme de 35 ans.....	65,50	219,47
Jeune homme de 16 ans.....	57,75	224,37
Soldat âgé de 28 ans.....	82,00	239,71
Fille de 19 ans.....	55,75	165,88
Garçon de 9 ans et demi.....	22	133,13
Fille de 10 ans.....	23	125,42
Vieillard de 102 ans (1).....	»	141,60

(1) Observation due à MM. Andral et Gavaret.

Des nombreuses observations qu'il a faites, M. Scharling conclut que :

1° L'homme expire des quantités variables d'acide carbonique aux divers époques de la journée.

2° Toutes choses égales d'ailleurs, l'homme brûle plus de carbone quand il a mangé que quand il est à jeun et plus aussi, à l'état de veille, que pendant le sommeil.

3° Les hommes expirent plus d'acide carbonique que les femmes ; les enfants brûlent, proportionnellement, plus de carbone que les hommes.

M. Scharling plaçait les individus dans une espèce de guérite d'une capacité limitée, dont l'atmosphère se renouvelait incessamment, en même temps que l'air évacué traversait un appareil propre à condenser l'acide carbonique. Cette méthode expérimentale convient surtout quand on l'applique à l'homme qui, au besoin, vient en aide à l'observateur. Mais elle

serait à peu près impraticable s'il sagissait d'animaux d'un très-grand volume.

J'ai cherché à doser l'acide carbonique, produit dans la respiration du cheval, de la vache et du porc, par une méthode indirecte, moins certaine que celle adoptée par M. Scharling, mais dont l'emploi est en quelque sorte une nécessité.

J'ai fait usage de l'analyse, en examinant comparativement, d'un côté, les aliments consommés, et de l'autre, les déjections et les sécrétions rendus par un animal dont le poids n'augmente pas sensiblement pendant la durée de l'observation. On a ainsi toutes les données pour conclure par différence, la quantité de carbone éliminée par la respiration et la transpiration. Cette méthode permet en outre, de reconnaître si, dans l'acte de la respiration, les animaux émettent de l'azote.

En admettant, comme je l'ai fait en traitant de l'alimentation, qu'un animal, soumis à la ration d'entretien, rend précisément les matières qu'il reçoit, j'ai supposé que pendant son existence, il n'absorbe pas l'azote de l'air qu'il respire : non seulement dans les circonstances ordinaires, les animaux ne prélèvent pas d'azote sur l'atmosphère, mais ils en exhalent constamment comme l'a établi Dulong. Cet azote exhalé provient, en définitive, des aliments consommés, et ce fait, important sous le double rapport de la physiologie et de la physique du monde, est en même temps d'une application si directe à une des plus graves questions de l'agriculture, que je crois

devoir indiquer la méthode expérimentale par laquelle je suis parvenu à le confirmer.

Les observations ont porté sur une vache laitière et sur un cheval adulte; ces animaux furent placés dans des stalles dont le sol était disposé de manière à permettre de recueillir sans perte les excréments et les urines. Avant d'être soumis aux expériences, la vache et le cheval avaient été nourris pendant un mois au moins avec la même ration qui leur a été administrée durant les trois jours et les trois nuits passés dans la stalle. Pendant le mois, le poids des animaux n'a pas varié d'une quantité appréciable, circonstance qui a permis de supposer que ce poids est aussi resté invariable pendant les soixante et douze heures que le dosage a duré.

La vache laitière a été nourrie avec du regain de foin et des pommes de terre; le cheval avec du regain et de l'avoine. Les fourrages étaient pesés avec exactitude, et l'on déterminait sur des échantillons leur humidité et leur composition. L'eau bue était mesurée, et par un examen préliminaire on avait recherché la quantité de matières saline et terreuse qu'elle contenait. Les produits rendus ont été recueillis avec le plus grand soin; les excréments, l'urine, le lait, étaient pesés, et chaque jour on prélevait sur les matières dosées des échantillons proportionnels aux poids de ces mêmes matières. C'est sur ces échantillons réunis durant le dosage qu'on a pris les quantités soumises à la dessiccation et à l'analyse élémentaire. Voici le résultat des deux expériences.

ALIMENTS CONSOMMÉS PAR LE CHEVAL EN 24 HEURES.							
ALIMENTS.	POIDS à l'état humide.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE dans les aliments.				
			Carbon.	Hydrog.	Oxygèn.	Azote.	Sels et terres
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Foin.....	7500	6465	2961	525	2502	97	582
Avoine.....	2270	1927	977	123	707	42	77
Eau.....	16000	»	»	»	»	»	13
Somme.....	25770	8592	5938	446	5209	159	672

PRODUITS RENDUS PAR LE CHEVAL EN 24 HEURES.							
PRODUITS.	POIDS à l'état humide.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE dans les produits.				
			Carbon.	Hydrog.	Oxygèn.	Azote.	Sels et terres
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Urine.....	1550	502	109	11	34	38	110
Excréments.....	14250	5525	1364	180	1529	78	575
Somme.....	15800	5827	1473	191	1565	116	685
Somme de la matière des aliments.....	25770	8592	5938	446	5209	159	672
Différence.....	10190	4565	2465	235	1846	25	15
Sens de la différence.....	—	—	—	—	—	—	+

EAU REÇUE PAR LE CHEVAL en 24 heures.		EAU RENDUE PAR LE CHEVAL en 24 heures.	
	kil.		kil.
Avec le foin.....	1,035	Avec l'urine.....	1,028
Avec l'avoine.....	0,448	Avec les excréments.....	10,725
Bue directement.....	16,000		
Eau entrée.....	17,483	Eau sortie.....	11,755
		Eau entrée.....	17,483
		Eau sortie par la transpiration pulmonaire et cutanée.	5,730

ALIMENTS CONSOMMÉS PAR LA VACHE EN 24 HEURES.							
ALIMENTS.	POIDS à l'état humide.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE dans les aliments.				
			Carbon.	Hydrog.	Oxyg.	Azote.	Sels et terre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Pommes de terre.....	15000	4170	1859	242	1851	50	208
Regain de foin.....	7500	6515	2974	554	2204	152	652
Eau.....	60000	"	"	"	"	"	50
Somme.....	82500	10485	4815	596	4055	202	890

PRODUITS RENDUS PAR LA VACHE EN 24 HEURES.							
PRODUITS.	POIDS à l'état humide.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE dans les produits.				
			Carbon.	Hydrog.	Oxyg.	Azote.	Sels et terre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Excréments.....	28415	4000	1712	208	1508	92	480
Urine.....	8200	961	261	25	254	37	584
Lait.....	8559	1151	628	99	521	46	55
Somme.....	45152	6111	2602	332	2085	175	920
Somme de la matière des aliments.....	82500	10485	4815	596	4055	202	890
Différence.....	37548	4574	2211	264	1952	27	50
Sens de la différence.....	—	—	—	—	—	—	+

EAU REÇUE PAR LA VACHE en 24 heures.		EAU RENDUE PAR LA VACHE en 24 heures.	
	kil.		kil.
Avec les pommes de terre.....	10,850	Avec les excréments.....	24,415
Avec le regain.....	1,185	Avec l'urine.....	7,239
Bue directement.....	60,000	Avec le lait.....	7,588
Eau entrée.....	72,015	Eau sortie.....	59,040
		Eau entrée.....	72,015
		Eau sortie par la transpiration pulmonaire et cutanée.....	52,975

On voit par le résumé de ces expériences que l'azote des produits diffère de 23 à 27 gr. en moins de l'azote des aliments. On reconnaît, en outre, que la quantité de matière élémentaire contenue dans les excréments et les sécrétions est moindre que celle qui a été introduite par les aliments; la différence est due à ce qu'une portion de cette matière s'est échappée par la respiration et la transpiration, si comme il est probable, elle n'a pas été fixée dans l'organisme.

L'oxygène et l'hydrogène qui manquent dans la somme des produits n'ont pas disparu exactement dans les proportions voulues pour former de l'eau; l'hydrogène en excès pèse de 20 à 23 grammes. Il est vraisemblable que cet hydrogène des aliments s'est transformé en eau en brûlant, pendant la respiration, aux dépens de l'oxygène de l'air.

La perte en carbone, très-considérable dans les deux expériences, puisqu'elle s'élève à plus de deux kilogrammes, doit être attribuée à l'acide carbonique, formé dans l'acte de la respiration et de la transpiration. En négligeant la quantité de ce principe échappé par la transpiration cutanée à l'état de combinaison organique, on trouve qu'en 24 heures, chacun des deux animaux mis en observation a produit environ 4 mètres cubes de gaz acide carbonique, supposé à 0° et sous la pression de 0^m, 76 (1).

(1) La vache aurait fourni 4,040 litres de gaz acide carbonique, le cheval 4,502; c'est une donnée qu'il faut se rappeler lorsqu'il s'agit de construire des écuries et des étables, et qui montre qu'il faut assurer un bon renouvellement de l'air. Il résulte en effet de

Ainsi, pendant la respiration du carbone et de l'hydrogène, des aliments ont disparu en donnant naissance, par le concours de l'oxygène de l'air, à de l'acide carbonique et à de l'eau, précisément comme s'ils eussent été brûlés.

Des expériences analogues faites sur le porc et sur le mouton ont donné des résultats dans le même sens ; dans tous les cas il y a eu exhalation d'azote.

ALIMENTS CONSOMMÉS EN 24 HEURES PAR UN PORC AGÉ DE NEUF MOIS, PESANT 60 KILOGRAMMES.							
ALIMENTS.	POIDS à l'état normal.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE.				
			Carbon.	Hydrog.	Oxyg.	Azote.	Sels et terre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Pomme de terre.....	7000	1687	742,3	97,8	754,1	25,3	67,5
DÉJECTIONS RENDUES PAR LE PORC EN 24 HEURES.							
Excréments.....	1500	208	57,4	8,1	48,9	9,2	84,4
Urine.....	3050	65	7,6	1,0	16,5	6,9	6,2
Principes rendus.....	4550	271	65,0	9,1	65,2	16,1	90,6
Principes reçus.....	7000	1687	742,3	97,8	754,1	25,3	67,5
Différence.....			677,3	88,7	688,9	9,2	25,1

cette donnée qu'une vache peut vicier dans un jour environ 20 mètres cubes d'air atmosphérique.

Dans les tableaux résumant les deux expériences, on peut observer que, dans les deux cas, les matières salines des produits excèdent celles des aliments. C'est une erreur d'observation. Le dosage exact des matières salines et terreuses est beaucoup plus difficile qu'on ne le pense communément. Dans l'expérience sur le cheval, j'ai évité en partie la cause d'erreur, mais je n'ai pu m'y soustraire entièrement.

L'accroissement diurne d'un porc de neuf mois est assez rapide pour qu'on ne puisse pas considérer les 677,3 grammes de carbone éliminés, comme ayant été brûlés en totalité pendant la respiration ; nul doute qu'une partie de la différence constatée entre les principes entrés et les principes sortis ne soit due à la matière assimilée par l'animal. La valeur de cette assimilation pour 24 heures a été déterminée en pesant le porc, après l'avoir laissé, pendant quinze jours, au régime qu'il recevait durant l'observation. On a trouvé ainsi que, sous l'influence de cette alimentation, l'accroissement diurne a été de 120 grammes, dans lesquels il faut compter, d'après la composition du poids vivant telle que nous l'établirons plus tard, 16,3 gr. de carbone et 4,8 gr. d'azote. On a donc en dernier résultat, pour le carbone brûlé en 24 heures par le porc, 661 gr., et pour l'azote exhalé dans le même temps 4,4 gr.

ALIMENTS CONSOMMÉS EN 24 HEURES PAR UN PORC AGÉ DE CINQ MOIS.							
	POIDS à l'état normal.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRES ÉLÉMENTAIRES.				
			Carbon	Hydrog.	Oxyg.	Azote.	Sels et terre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Pomme de terre.....	5820	911	400,9	52,8	407,2	13,7	56,4
Eau grasse et sel.....	2510	128	47,8	7,4	43,5	5,6	25,7
		1039	448,7	60,2	450,7	17,5	62,1
DÉJECTIONS RENDUES PAR LE PORC EN 24 HEURES.							
Excréments.....	640	102	27,3	4,0	19,5	5,8	47,2
Urine.....	1650	55	4,2	0,5	9,1	5,9	17,5
Principes rendus.....		137	31,7	4,5	28,6	7,7	64,5
Principes reçus.....		1039	448,7	60,2	450,7	17,5	62,1
		902	417,0	55,7	422,1	9,6	+2,4

J'ai constaté que, sous l'influence de ce régime, un porc, âgé de cinq mois, augmente de 220 grammes en 24 heures; mais dans ce nombre se trouvent 55 grammes de graisse fixée, ce qui réduit à 165 grammes l'accroissement attribuable au poids vivant. Admettant dans ces 165 grammes 6,6 gr. d'azote et 22 grammes de carbone, on trouve que le porc brûle 351 grammes de carbone toutes les 24 heures, en exhale 3 grammes d'azote.

L'expérience suivante faite sur un mouton est due à un savant Danois, M. Jørgensen.

TABLEAU.

ALIMENTS CONSOMMÉS EN 24 HEURES.							
	POIDS à l'état normal.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE.				
			Carbon	Hydrog.	Oxyg.	Azote.	Sels et terre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Eau bue.....	1276,0						51,6
Foin.....	887,2	767,5	535,5	59,1	505,9	14,5	54,5
PRODUITS RENDUS PAR LE MOUTON EN 24 HEURES.							
Excréments.....	971,7	412,0	181,5	21,8	146,7	7,0	55,2
Urine.....	476,7	64,2	20,4	2,5	13,1	6,2	22,0
Somme des produits.....		476,2	201,7	24,5	159,8	13,2	77,2
Dans les aliments.....		767,5	535,5	59,1	505,9	14,5	56,1
Différences.....			-153,6	-14,8	-144,1	-1,3	+21,1

On a pu remarquer, dans les résultats précédents, que le carbone et l'azote ne sont pas les seuls éléments éliminés. En comparant la matière élémentaire des déjections à celle des aliments, on voit qu'il y a eu perte d'hydrogène et d'oxygène, d'un combustible et d'un comburant. Si ces deux principes éliminés, se trouvaient exactement dans les proportions exigées pour constituer l'eau, il n'y aurait pas à s'en préoccuper au point de vue de la production de la chaleur animale; mais il n'en est pas ainsi, et, généralement, dans les produits sortis par les voies respiratoires ou par la transpiration, l'hydrogène est, relativement à l'oxygène, dans une proportion plus forte qu'il n'est nécessaire pour former de l'eau. Cet hydrogène, en brûlant par l'action de l'air, ajoute à la température développée par la combustion du carbone. En tenant

compte de ce nouvel élément, on trouve que chaque jour, pendant la respiration, l'hydrogène brûlé serait :

Pour le cheval.....	25 grammes.
Pour la vache.....	20
Pour le porc de 9 mois.	3
Pour le porc de 5 mois.	3

Il faut environ trois fois autant de carbone que d'hydrogène pour, en brûlant, développer la même quantité de chaleur, pour consommer le même volume d'oxygène. On ramènera donc le combustible brûlé dans la respiration, à ce qu'il serait s'il était du carbone seul, en considérant une partie d'hydrogène comme l'équivalent de trois parties de carbone. En introduisant cette correction, on arrive aux résultats suivants, pour l'équivalent du carbone consommé en 24 heures.

	POIDS.	CARBONE brûlé.	OXYGÈNE consommé.	OXYGÈNE EXPRIMÉ en air atmosphér.
	kil.	gr.	litr.	litr.
Homme de 35 ans.	65,9	300 (1)	558	2657
Cheval.....	500	2540	4724	22495
Vache laitière...	550	2271	4224	20114
Porc de 5 mois..	32,2	360	670	3190
Porc de 9 mois..	60	670	1240	5905
Mouton.....	20	153	408	1943

J'ai admis qu'un homme brûle 26 à 27 gramm. d'hydrogène indépendamment des 220 gramm. de carbone trouvés par M. Scharling.

Ces données ne sont pas sans utilité dans la pra-

tique, en ce qu'elles permettent d'assigner la limite de capacité des habitations de l'homme, des étables et des écuries. Ce serait une erreur, dont les conséquences pourraient devenir fatales, que de croire qu'en augmentant, qu'en doublant le volume d'air que nous venons de calculer, on assurerait pour 24 heures une atmosphère suffisante à l'individu qui y serait confiné. C'est que jamais un animal n'épuise, en respirant, la totalité de l'oxygène d'un volume d'air, par la raison que cet air, aussitôt qu'il est privé d'une certaine quantité d'oxygène, devient, par sa pauvreté même, tout aussi impropre à la vie que le gaz azote.

L'air, par exemple, en sortant des poumons de l'homme, n'a perdu que 4 à 6 pour 100 de l'oxygène qu'il contenait; s'il était aspiré et expiré de nouveau, il en perdrait encore quelques centièmes, que remplaceraient quelques centièmes d'acide carbonique, et bientôt, c'est-à-dire au bout de quelques inspirations, l'air arriverait à être tellement appauvri d'oxygène et tellement enrichi en gaz acide carbonique, qu'il serait absolument impropre à la respiration. La nécessité où l'on est d'expulser immédiatement l'air des poumons, quand il contient 3 ou 4 pour 100 d'acide carbonique, est une preuve de l'action nuisible qu'exerce sur nos organes un air pauvre en oxygène; on sait, d'ailleurs, que les mineurs tombent asphyxiés lorsqu'ils restent plongés pendant une ou deux minutes seulement dans une atmosphère assez viciée pour ne plus contenir que 10 à 12 parties de ce