

Bilans thermiques et hydriques

La gestion du bâtiment dépend de plusieurs paramètres. Parmi ceux-ci, la température et l'hygrométrie occupent une place de premier rang dans la hiérarchie des facteurs d'ambiance. Ces deux critères vont en grande partie guider l'éleveur au niveau du pilotage de sa ventilation. En période endothermique tout d'abord, où l'objectif sera d'évacuer l'excès d'humidité et les gaz nocifs en limitant les déperditions de chaleur puis en période exothermique où le système devra évacuer l'excédent de chaleur et d'humidité.

Pour permettre de quantifier les différents échanges de chaleur et d'humidité, il est possible de réaliser des bilans thermiques et hydriques. Ces méthodes peuvent s'avérer relativement complexes si nous prenons en considération l'ensemble des paramètres qui interviennent dans les échanges de chaleur, ou d'eau. Pour cette raison, dans la majorité des cas, les formules utilisées négligent certains facteurs. Nous procéderons également de cette façon en étant bien conscients que dans certaines situations, les valeurs obtenues devront être majorées ou minorées.

Pour obtenir des conditions d'ambiance favorables, il est souhaitable que les bilans soient équilibrés.

D'où la recherche de l'équilibre suivant :

$$\text{APPORTS D'ENERGIE} = \text{DEPERDITIONS D'ENERGIE}$$

I. Bilan thermique

1. Définition et éléments de calcul

C'est la méthode qui permet de quantifier et de comparer les apports et les pertes d'énergie sous forme de chaleur sensible.

La formule qui permet de quantifier ces échanges de chaleur est la suivante :

$$\underbrace{AA + AC + FL + AS}_{\text{Apports}} = \underbrace{DP + DV + DE}_{\text{Pertes}}$$

où

AA = Apports par les animaux (en W).

AC = Apports par le Chauffage (en W).

AS = Apports Solaires (en W).

FL = Fermentation des litières (en W).

DP = Déperditions par les parois (en W).

DV = Déperditions par la ventilation (en W).

DE = Déperditions par évaporation d'eau (en W).

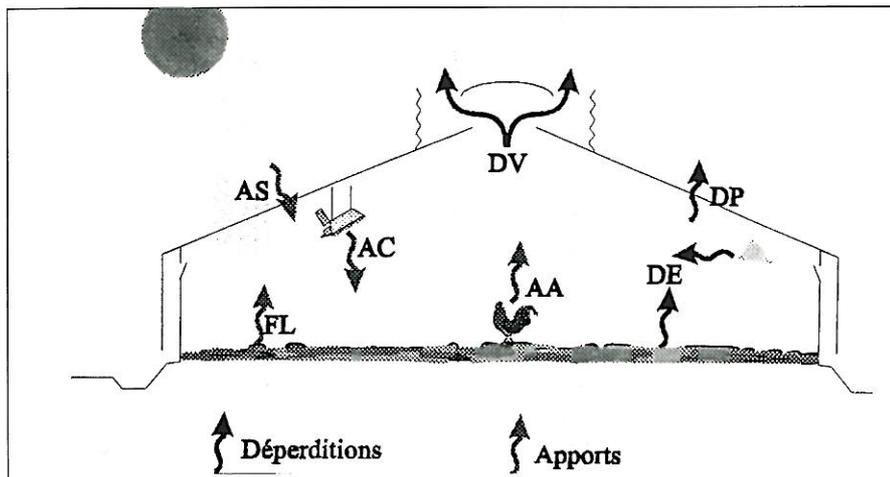
2. Les apports de chaleur

Les apports de chaleur dans le bâtiment peuvent être de plusieurs origines. Ce sont les animaux qui constituent l'une des plus grandes sources d'énergie. Cet apport peut ou doit, selon le type de production et la saison, être complété par le chauffage. Les autres sources sont constituées notamment par le rayonnement solaire. Dans le calcul du bilan en aviculture, les apports solaires sont, en raison de leur faible part, généralement négligés. Ceci est dû à la relativement bonne isolation des bâtiments, aux couleurs claires utilisées et à l'absence de vitrage. Nous procéderons de cette façon dans nos exemples, en sachant que les apports solaires peuvent contribuer dans certaines situations à augmenter la température de plusieurs degrés à l'intérieur du bâtiment. Ces quelques degrés sont parfois nécessaires pour limiter les problèmes.

2.1 La chaleur sensible produite par les animaux

Les animaux produisent de la chaleur par plusieurs moyens : la conduction, le rayonnement et la convection ; cette chaleur est dite sensible. Les volailles dégagent aussi de la chaleur latente (sous forme d'eau ou de vapeur d'eau) par évaporation pulmonaire et par les

Figure 47 - Les échanges thermiques dans un bâtiment avicole



Proportionnellement au poids, les déperditions sont plus importantes chez le jeune poussin que chez la volaille adulte

déjections (cette dernière peut varier entre 25 et 40 % de la chaleur latente). Pour réaliser le bilan thermique, nous ne tiendrons compte que de la chaleur sensible et des transferts de chaleur par évaporation. Par contre la chaleur latente sera utilisée dans le bilan hydrique.

2.2. Les apports de chaleur par le chauffage

C'est généralement la donnée étudiée lors de la réalisation d'un bilan thermique. Toutefois, si l'on souhaite travailler l'un des autres termes de l'équation, les apports de chauffage doivent être appréhendés.

Ceux-ci peuvent être quantifiés par la puissance de l'installation de chauffage, pondérée par le rendement des appareils et leur temps de fonctionnement ou éventuellement en la déduisant des consommations.

2.3. Les apports de chaleur par les déjections

Ce sont probablement les apports qui sont actuellement les plus mal connus, mais aussi les plus sujets à variation d'un bâtiment à un autre. En effet, ils

Tableau 21 - Production de chaleur sensible d'un poulet (en W/animal) en fonction de son poids et de la température ambiante (d'après formules de la CIGR).

		TEMPÉRATURE (EN °C)				
		15	20	25	30	35
P	200	2,2	1,9	1,6	0,9	0,1
	400	3,7	3,3	2,6	1,6	0,2
O	600	5,0	4,4	3,5	2,1	0,2
	800	6,2	5,5	4,4	2,7	0,3
I	1 000	7,3	6,5	5,2	3,1	0,4
	1 200	8,4	7,5	6,0	3,6	0,4
D	1 400	9,4	8,4	6,7	4,0	0,5
	1 600	10,4	9,2	7,4	4,5	0,5
S	1800	11,4	10,1	8,1	4,9	0,6
	2000	12,3	10,9	8,7	5,3	0,6
V	2200	13,2	11,7	9,4	5,7	0,6
	2400	14,1	12,5	10,0	6,0	0,7
I	(g) 3000	16,7	14,8	11,8	7,1	0,8
	3400	18,3	16,3	13,0	7,8	0,9
F	3800	19,9	17,7	14,1	8,5	1,0

Tableau 22 - Production de chaleur sensible d'une poule ponduse (en W/animal) en fonction de son poids et de la température ambiante (d'après formules de la CIGR).

		TEMPÉRATURE (EN °C)				
		15	20	25	30	35
P	1 400	6,6	5,9	4,7	2,8	0,3
	1 600	7,3	6,5	5,2	3,1	0,4
O	1800	8,0	7,1	5,7	3,4	0,4
	2000	8,6	7,7	6,1	3,7	0,4
I	2200	9,2	8,2	6,6	4,0	0,5
	2400	9,9	8,8	7,0	4,2	0,5

sont dépendants de la fermentation des déjections qui est liée à leur taux d'humidité, leur température, leur aération et leur composition. En élevage de volailles, il n'est pas rare de rencontrer des températures de litière supérieures à 35 °C en fin de lot lorsque celle-ci fermente. L'impact n'en est que plus important lorsque cette augmentation de la température survient le jour d'un coup de chaleur.

L'estimation de ces apports en élevage de volailles sur litière peut aller jusqu'à 15 à 20 % de la chaleur totale produite

par les animaux (chaleur sensible + chaleur latente), en fonction de l'état de la litière (fermentante ou non) et du stade d'élevage (début ou fin de lot). Dans les unités de production d'œufs de consommation, le phénomène n'est pas moins complexe puisqu'il faut tenir compte également du mode de stockage et de récupération des

fientes. En fosses profondes ou en fosses intégrales, les niveaux de production de chaleur, lorsqu'il y a fermentation, peuvent être assimilés à ceux rencontrés en volailles de chair.

3. Les déperditions de chaleur

A l'intérieur du bâtiment, elles ont diverses origines. Ce sont les parois du bâtiment, et la ventilation qui sont les principales causes de pertes de chaleur sensible. A celles-ci, on peut rajouter toute l'énergie transférée (volontairement ou involontairement) pour évaporer l'eau du bâtiment, que ce soit celle contenue dans les déjections, la litière, sur les parois ou celle qui est produite par un système de refroidissement.

3.1. Les déperditions de chaleur par les parois

La formule globale de calcul est la suivante :

$$DP = [(K_1 \times S_1) + (...)] + (K_n \times S_n) + (k_1 \times L_1) + (...)] \times \Delta T$$

où

- K_1 à K_n (en $W/m^2 \text{ } ^\circ C$) représentent les coefficients de transmission surfaciques pour les différents types de parois du bâtiment. Ce qui correspond au flux de chaleur échangé à travers un mètre carré de paroi pour une différence de un degré Celcius d'ambiance de part et d'autre de cette paroi.

- S_1 à S_n (en m^2) représentent les surfaces des différents types de paroi du bâtiment.

- k_1 à k_n (en m) représentent les coefficients de déperditions linéiques des différents types de liaisons du bâtiment. Ceci correspond au flux de chaleur échangé à travers un mètre de liaison pour une différence de un degré Celcius d'ambiance de part et d'autre de cet élément.

- l_1 à l_n (en $W/m \text{ } ^\circ C$) représentent les longueurs des différents types de liaison du bâtiment.

- ΔT (en $^\circ C$) est la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur ($T_i - T_e$).

La formule de calcul du coefficient K, pour les parois classiquement rencontrées en bâtiments avicoles, est la suivante :

$$K = \frac{1}{\left(\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n}\right) + \left(\frac{1}{b_i} + \frac{1}{b_e}\right)}$$

où

λ_1 à λ_n (en $W/m \text{ } ^\circ C$) représentent la conductivité thermique de chacun des matériaux constitutifs de la

paroi. Il représente le flux de chaleur par m^2 traversant une épaisseur de un mètre de ce matériau lorsqu'il existe une différence de un degré Celcius d'ambiance entre ses deux faces.

e_1 à e_n (en m) représentent l'épaisseur de chacun des matériaux constitutifs de la paroi dont on recherche le coefficient K.

$\frac{1}{b_i} + \frac{1}{b_e}$ pour les parois en contact direct avec l'extérieur, est égale à 0,17 lorsqu'il s'agit d'une paroi verticale (soubassement, bardage, pignon, etc ...) et 0,14 pour la toiture.

3.1.1. Exemple de calcul du coefficient K d'une paroi de bardage de bâtiment

$e_1 = e_3 = 6$ mm (soit 0,006 m) épaisseur de la fibre ciment dont le coefficient $\lambda = 0,95$ $W/m \text{ } ^\circ C$

$e_2 = 50$ mm (soit 0,05 m) de polystyrène expansé dont le coefficient $\lambda = 0,041$ $W/m \text{ } ^\circ C$

Comme il s'agit d'une paroi verticale en contact avec l'extérieur, $\frac{1}{b_i} + \frac{1}{b_e}$

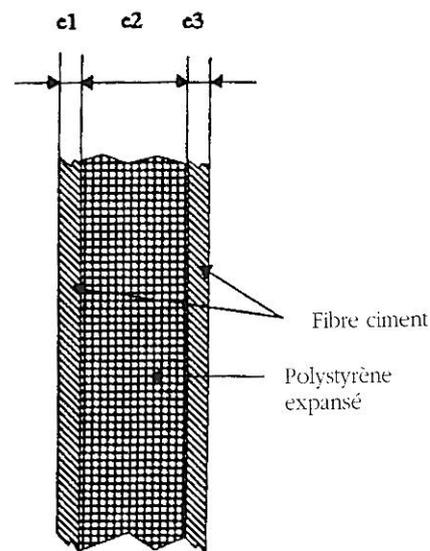
est égale à 0,17. Le coefficient K de cette paroi se calcule donc de la façon suivante :

$$K = \frac{1}{\left(\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}\right) + \left(\frac{1}{b_i} + \frac{1}{b_e}\right)}$$

soit en remplaçant les variables

$$K = \frac{1}{\frac{0,006}{0,95} + \frac{0,05}{0,041} + \frac{0,006}{0,95} + (0,17)}$$

$$= 0,71 \text{ } W/m^2 \text{ } ^\circ C$$



3.1.2. Premier exemple

Bâtiment avicole de 1050 m^2 construit en 1972 (70 m x 15 m) et 35 % de pente de toiture une hauteur de 2,20 m au bardage dont 0,40 m de soubassement : pour un différentiel de température de 31 $^\circ C$ entre l'intérieur et l'extérieur (+ 29 $^\circ C$ intérieur et - 2 $^\circ C$ extérieur par exemple), les déperditions par les parois de ce bâtiment représentent plus de 54 kW.

PARTIE DU BÂTIMENT	NATURE DE LA PAROI	EPAISSEUR DES DIFFÉRENTS ELEMENTS (en m)	VALEUR du K ou du k	SURFACE (ou longueur) DE LA PAROI	DEPERDITIONS (en W)
Soubassement	Parpaings non isolés	0,20	3,13 $W/m^2 \text{ } ^\circ C$	0,4 x (70 + 15) * 2 = 68 m^2	213
Périmètre	Semelle/Terre battue - non-isolé		1,75 $W/m \text{ } ^\circ C$	(70+15) x 2 = 170 m	297
Bardage vertical + Volets latéraux - Portes latérales	Fibre-ciment Polystyrène expansé Fibre-ciment	0,006 0,4 0,006	0,86 $W/m^2 \text{ } ^\circ C$	(70 x 2) x 1,80 = 252 - 5 = 247 m^2	212
Pignons - Portail	Fibre-ciment Polystyrène expansé Fibre-ciment	0,006 0,04 0,006	0,86 $W/m^2 \text{ } ^\circ C$	(15 x 2) x (1,8 + 4,4) / 2 = 93 - 9 = 84 m^2	72
Toiture	Fibre-ciment Polystyrène extrudé	0,006 0,04	0,76 $W/m^2 \text{ } ^\circ C$	70 x 7,9 x 2 = 1106 m^2	840
Lanterneau (Trappes)	Bois	0,025	2,6 $W/m^2 \text{ } ^\circ C$	70 x 0,50 = 35 m^2	91
Portails + 3 portes	Bois	0,025	2,6 $W/m^2 \text{ } ^\circ C$	(3 x 3) + [3 x (2 x 0,8)] = 13,8 m^2	36
Total				1724 m^2	112 $W \text{ } ^\circ C$

Soit : (1761/1050) 1,7 $W \text{ } ^\circ C$ par m^2 de bâtiment

3.1.3. Deuxième exemple

Bâtiment avicole de 1050 m² construit en 1992 (70 m x 15 m) et 35 % de pente de toiture une hauteur de 2,20 m au bardage dont 0,40 m de soubassement :

PARTIE DU BÂTIMENT	NATURE DE LA PAROI	EPAISSEUR DES DIFFÉRENTS ELEMENTS (en m)	VALEUR du K ou du k	SURFACE (ou longueur) DE LA PAROI	DEPERDITIONS (en W)
Soubassement	Longrine isolée	0,20	0,8 W/m ² .°C	0,4 x (70 +15)*2 = 68 m ²	54
Périmètre	Semelle/Terre battue + isolant polystyrène en périphérie	0,05	1,35 W/m.°C	(70+15) x 2 = 170 m	297
Bardage vertical + Volets latéraux - Portes latérales	Fibre-ciment Polystyrène expansé Fibre-ciment	0,006 0,06 0,006	0,60 W/m ² .°C	(70 x 2) x 1,80 = 252 - 5 = 247 m ²	148
Pignons - Portail	Fibre-ciment Polystyrène expansé Fibre-ciment	0,006 0,06 0,006	0,60 W/m ² .°C	(15 x 2) x (1,8 + 4,4)/2 = 93 - 9 = 84 m ²	50
Toiture	Fibre-ciment Fibre de verre Mousse de polyuréthane	0,006 0,10	0,27 W/m ² .°C	70 x 7,9 x 2 = 1106 m ²	299
Lanterneau (Trappes)	Fibre-ciment Polystyrène expansé Fibre-ciment	0,006 0,05 0,006	0,62 W/m ² .°C	70 x 0,80 = 56 m ²	35
Portails + 3 portes	Tôle laquée Mousse de polyuréthane Tôle laquée	0,001 0,06 0,001	0,53 W/m ² .°C	(3 x 3) + [3 x (2 x 0,8)] = 13,8 m ²	7
Total				1745 m ²	890 W.°C
Soit : (890/1050) 0,85 W.°C par m ² de bâtiment					

Ici, pour le même différentiel de température (+ 29 °C intérieur et - 2 °C extérieur), nous n'avons qu'un peu plus de 27 kW de déperditions, soit un gain de 27 kW (du simple au double) entre les deux constructions.

3.2. Les déperditions de chaleur par la ventilation

Ce sont les déperditions les plus importantes du bâtiment et celles qui sont les plus difficiles à réduire, d'autant plus qu'il est impératif de conserver un niveau d'aération minimal de la salle d'élevage pour éliminer les gaz nocifs ou pour éliminer l'humidité. Cependant, les déperditions seront moins importantes si le flux d'air entrant est utilisé à bon escient avant d'être évacué.

Ces déperditions se calculent à l'aide de la formule suivante :

$$DV = DE \times CA \times (Ti - Te)$$

avec

DV= Déperditions par la ventilation (en W)

DE = Débit de ventilation (en kg d'air ou en m³ d'air)

CA = Chaleur spécifique de l'air = 0,28 Wh/°C/kg d'air (ou 0,34 Wh/°C/kg si De est exprimé en m³/h) - (un m³ d'air à 20 °C et 70 % d'hygrométrie pèse 1,185 kg)

Ti = Température intérieure (en °C)

Te = Température extérieure (en °C)

Les déperditions par la ventilation pour un bâtiment de 1050 m² (70 x 15) avec 20 poulets de 0,2 kg par m², un débit de ventilation minimum de 0,5 m³/h/kg, une température extérieure de - 2 °C et une température intérieure de 29 °C, pourront être calculées ainsi :

$$DV = \underbrace{(1050 \times 20 \times 0,2)}_{\text{Poids des animaux en kg}} \times 0,5 \times 0,34 \times \underbrace{(29 - (-2))}_{\text{ti-te en } ^\circ\text{C}} = 22\,134 \text{ W}$$

Débit de ventilation en m³/h

3.3. Les déperditions de chaleur par transfert évaporatif.

Il s'agit de toute l'énergie utilisée pour faire passer l'eau de sa forme liquide à sa forme gazeuse. Dans cette rubrique, on trouve l'évaporation de l'excédent d'humidité de la litière (déjections, gaspillage, remontrée d'humidité, ...), mais aussi, la vaporisation de l'eau apportée par les systèmes de refroidissement à injection d'eau (pulvérisation basse ou haute pression et filtres humides). Dans tous les cas, le passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux nécessite 680 watts heure par kilogramme d'eau. Cette caractéristique présente certains avantages en période estivale, à l'inverse, en période froide, elle

ne fait qu'accentuer les consommations de chauffage, sans parler des autres conséquences sur le confort thermique et donc sur les performances des animaux.

4. Quelques exemples de bilans

4.1. Premier cas

- Un bâtiment de 1050 m² construit en 1992 (le 2^e exemple de calcul de déperditions par les parois).
- Chargement : 20 poulets de 0,2 kg par m²
- Ventilation : 0,5 m³/h/kg
- Température recherchée : 29 °C
- Température extérieure : - 2 °C

4.1.1. Les apports par les animaux

$$AA = \frac{1050 \times 20 \times 0,9}{\text{Nombre d'animaux}} = 18\,900 \text{ W}$$

4.1.2. Les apports par fermentation des déjections

Dans notre exemple, nous les considérons comme nuls dans la mesure où l'on se situe ici en début de lot et considérons que la litière n'est pas entrée en fermentation.

4.1.3. Les déperditions par les parois

Celles-ci sont calculées dans notre deuxième exemple du chapitre consacré aux déperditions par les parois. Elles sont de 27 590 W.

4.1.4. Les déperditions par transfert évaporatif (évaporation de l'eau)

Nous avons posé l'hypothèse d'une proportion de 25 % de la chaleur latente produite par l'animal dans ses déjections et que 50 % de cette eau est exportée par la ventilation, soit environ 13 % de la vapeur d'eau produite par l'animal. Nous considérons ici que le gaspillage d'eau est négligeable (ce qui n'est malheureusement pas toujours le cas).

$$DE = \frac{1050 \times 20}{\text{Nombre d'animaux}} \times \frac{2,8}{\text{Quantité d'eau par poulet}} \times 13 \% \times \frac{680}{1000} \times \frac{\text{Energie nécessaire pour évaporer 1 g}}{5\,198 \text{ W}}$$

4.1.5. Les déperditions par la ventilation

$$DV = \frac{1050 \times 20 \times 0,2}{\text{Poids d'animaux}} \times \frac{0,5}{\text{Débit par kg}} \times \frac{0,34}{\text{Chaleur spécifique}} \times (29 - (-2)) = 22\,134 \text{ W}$$

4.1.6. Bilan

Déperditions : 27 590 + 5 198 + 22 134 = 57 922 W

Apports : 18 900 W

Soit un déficit de 39 kW (39 022 W) que devra compenser le chauffage.

Les conditions sont relativement défavorables. Nous nous sommes situés en début de lot et les températures extérieures sont basses. Il en aurait été autrement avec des animaux de 1,2 kg avec des températures extérieures de 10 °C et une température intérieure recherchée de 23 °C. Nous aurions eu le bilan suivant (toujours sans prendre en compte la fermentation de litière mais avec un débit de ventilation minimum de 0,8 m³/h/kg) :

Déperditions : 11 570 + 12 530 + 85 680 = 109 780 W

Apports : 139 650 W

Soit un excédent de plus de 29 kW qu'il sera nécessaire d'évacuer en augmentant le débit de ventilation.

4.2. Deuxième cas

- Un bâtiment de reproducteurs chair de 1050 m² construit en 1972 (le 1^{er} exemple de calcul de déperditions par les parois)
- Chargement : 7600 poules de 2,4 kg et 900 coqs de 3,8 kg
- Ventilation : 0,8 m³/h/kg
- Température recherchée : 18 °C
- Température extérieure : - 2 °C

4.2.1. Les apports par les animaux

$$AA = \frac{(7600 \times 9,3)}{\text{Production des femelles}} + \frac{(900 \times 18,7)}{\text{Production des mâles}} = 87\,510 \text{ W}$$



En bâtiments reproducteurs, le chauffage est, dans la plupart des cas, nécessaire au maintien des températures souhaitées

4.2.2. Les déperditions par les parois

En reprenant les valeurs obtenues pour notre bâtiment dans le premier calcul de déperditions par les parois, en considérant un écart de 20 °C entre l'intérieur et l'extérieur, nous obtenons une déperdition de 35 220 W.

4.2.3. Les déperditions par transfert évaporatif

Nous avons considéré que l'eau des déjections à évaporer représentait 13 % de la chaleur latente. Parallèlement, nous avons, cette fois encore, négligé le gaspillage.

$$DE = \left[\underbrace{(7\,600 \times 6,2)}_{\text{Production des femelles}} + \underbrace{(900 \times 12,6)}_{\text{Production des mâles}} \right] \times \underbrace{13\%}_{\text{Quantité d'eau dans les déjections}} \times \frac{\text{Energie nécessaire pour évaporer 1 g}}{1000} = 5\,168 \text{ W}$$

4.2.4. Les déperditions par la ventilation

$$DV = \left[\underbrace{(7\,600 \times 2,4)}_{\text{Production des femelles}} + \underbrace{(900 \times 3,8)}_{\text{Production des mâles}} \right] \times \underbrace{0,8}_{\text{Débit par kg}} \times \underbrace{0,34}_{\text{Chaleur spécifique de l'air}} \times \frac{Ti - Te}{1000} = 117\,830 \text{ W}$$

4.2.5. Bilan

Déperditions : 35 220 + 5 168 + 117 830 = 159 218 W

Apports : 87 510 W

Soit un déficit de 71,7 kW (71 708 W) que devra compenser le chauffage.

Nous pouvons constater que dans cet élevage de reproducteurs, la production de chaleur ne suffit pas à assurer les apports nécessaires à l'équilibre du bilan.

II. Bilan hydrique

1. Définitions et éléments de calcul

Alors que le bilan thermique permet de calculer les apports et les pertes d'énergie sous forme sensible, le bilan hydrique permet d'aborder les apports et les pertes sous forme de chaleur

latente, autrement dit sous forme de vapeur d'eau. L'évaporation ou la condensation d'un kilogramme de cette humidité utilisera ou fournira 680 Watts heure d'énergie qui seront reportés dans le bilan thermique.

Comme pour le bilan thermique, nous allons chercher à équilibrer les apports et les pertes en fonction de certains facteurs d'ambiance. Pour obtenir cet équilibre, il conviendra de jouer sur la ventilation, le chauffage et, dans certains cas, sur le refroidissement. Ceci permettra aux animaux de se trouver dans une ambiance optimale et donc en situation de confort thermique.

où

AAI = Apports d'eau par les animaux sous forme de chaleur latente (en g/h). Cette humidité est issue de la respiration et de l'humidité contenue dans les déjections.

ARI = Apports d'eau par le système de refroidissement (en g/h). Dans l'hypothèse d'un système de refroidissement à l'intérieur de l'élevage, celui-ci va injecter une certaine quantité d'eau dans l'air.

ADI = Autres Apports d'eau dans l'élevage (en g/h), il s'agit entre autres du gaspillage d'eau d'abreuvement, des infiltrations d'eau par le sol, ... Ces différents apports devront être estimés.

2. Les apports d'eau

2.1. Les apports d'eau par les animaux

Ce sont une nouvelle fois les animaux qui sont à l'origine de la plus grosse partie des apports, les tableaux 24 et 25 indiquent pour le poulet et la poule pondeuse la production de vapeur d'eau par animal en fonction de son poids et de la température ambiante. Ces apports sont issus de la respiration et de l'eau contenue dans les déjections.

La formule du bilan hydrique est la suivante :

$$\underbrace{AAI + ARI + ADI}_{\text{Apports}} = \underbrace{DVI}_{\text{Pertes}}$$

Figure 48 - Les principaux échanges d'humidité dans un bâtiment avicole.

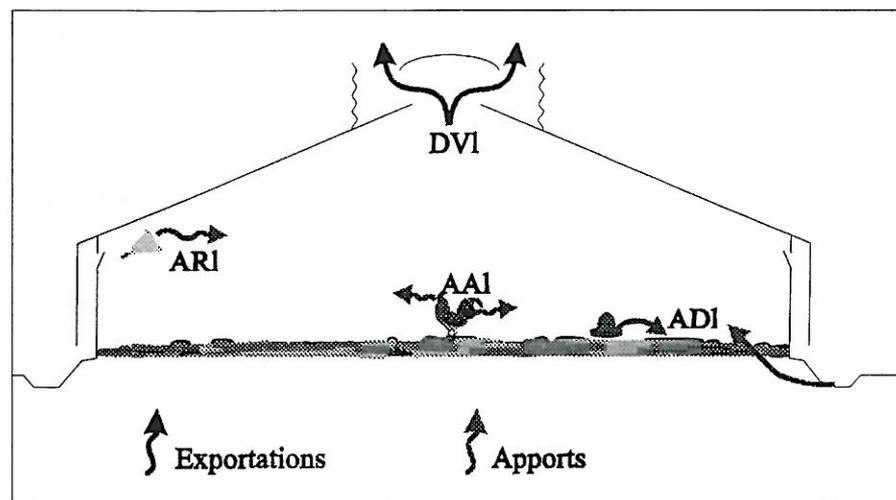


Tableau 23 - Production de chaleur latente d'un poulet (g d'eau/h) en fonction de son poids et de la température ambiante (d'après formules de la CIGR)

		TEMPÉRATURE (EN °C)				
		15	20	25	30	35
P O U L T I N S	600	2,7	3,5	4,8	6,5	8,3
	800	3,4	4,4	5,9	8,0	10,3
	1 000	4,0	5,1	7,0	9,5	12,2
	1 200	4,6	5,9	8,0	10,9	14,0
	1 400	5,2	6,6	9,0	12,2	15,7
	1 600	5,7	7,3	9,9	13,5	17,3
	1 800	6,3	8,0	10,9	14,8	18,9
	2 000	6,8	8,7	11,8	16,0	20,5
	2 200	7,3	9,3	12,6	17,2	22,0
	2 400	7,8	9,9	13,5	18,3	23,5
(g)	3 000	9,2	11,7	15,9	21,7	27,8
	3 400	10,1	12,9	17,5	23,8	30,5

Tableau 24 - Production de chaleur latente d'une poule pondeuse (en g d'eau/h) en fonction de son poids et la température ambiante (d'après formules de la CIGR).

		TEMPÉRATURE (EN °C)				
		15	20	25	30	35
P O U L T I N S	1 400	3,6	4,2	6,3	8,6	11,0
	1 600	4,0	4,6	7,0	9,5	12,1
	1 800	4,4	5,0	7,6	10,3	13,3
	2 000	4,7	5,4	8,2	11,2	14,4
	2 200	5,1	5,8	8,8	12,0	15,4
	2 400	5,4	6,2	9,4	12,8	16,5
(g)						

2.2. Les apports d'eau par le système de refroidissement

La plupart des systèmes de refroidissement actuellement utilisés en bâtiments avicoles sont basés sur un principe d'évaporation d'eau. Il convient donc de connaître par heure la consommation d'eau du système de refroidissement :

ARI = Quantité d'eau injectée dans l'air par le système de refroidissement (en g/h).

QB = Débit horaire d'une buse (en g/h)

NB = Nombre de buses

RS = Rendement du système (de 10 à 100 %) selon le type d'appareil et sa localisation. Avec un système de pulvérisation haute pression travaillant à plus de 70 bars et situé dans le

$$\underbrace{ARI}_{\text{Apports du système}} = \underbrace{QB}_{\text{Débit horaire d'une buse}} \times \underbrace{NB}_{\text{Nombre de buses}} \times \underbrace{RS}_{\text{Rendement du système}} \times \underbrace{TF}_{\text{Temps de fonctionnement par heure}}$$

bâtiment, nous considérerons ce rendement égal à 100 %. Il en est autrement avec les systèmes de pulvérisation basse pression situés au niveau des jupes.

TF = Temps de fonctionnement du système pendant une heure. Cette donnée peut être appréhendée par l'intermédiaire des temps de cycle utilisés.



Un bon réglage du système d'abreuvement permet aussi de limiter les besoins de ventilation et de chauffage

2.3. Les autres apports d'eau

Ces apports proviennent essentiellement du gaspillage d'eau par les volailles, des fuites du matériel d'abreuvement, des infiltrations d'humidité par le sol. Ces différents apports sont variables d'un bâtiment à un autre et dans l'idéal, devraient être nuls. Lorsqu'ils existent, ils devront être estimés en g/h.

3. Les déperditions d'eau

A une température donnée, la quantité maximum de vapeur d'eau que peut contenir l'air est fixe et correspond à une hygrométrie relative (HR) de 100 %. Toujours pour une température déterminée, plus la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air sera faible et plus sa capacité à en capter sera importante.

Pour un même volume d'air, plus la température est élevée, plus il peut emmagasiner de vapeur d'eau. Ce sont ces caractéristiques qui vont être utilisées pour évacuer l'excès d'humidité du bâtiment en utilisant la ventilation et le chauffage.

Pour mieux connaître les quantités d'eau contenues dans l'air, nous utiliserons le diagramme psychrométrique (encore appelé diagramme de Mollier ou diagramme de l'air humide). Pour savoir comment l'utiliser, nous vous invitons à vous reporter au numéro hors-série de Sciences et Techniques Avicoles de Septembre 1997 traitant de

la maîtrise de l'ambiance dans les bâtiments avicoles.

La formule permettant de déterminer la quantité d'eau évacuée du bâtiment par la ventilation est la suivante :

$$DVI = \underbrace{(W_i - W_e)}_{\substack{\text{Humidité} \\ \text{absolue} \\ \text{intérieure} - \text{Humidité} \\ \text{absolue} \\ \text{extérieure}}} \times \underbrace{V}_{\substack{\text{Débit} \\ \text{de ven-} \\ \text{tilation}}}$$

où

DVI = Quantité d'eau évacuée (en g/h)

W_i = Humidité absolue intérieure (en g/m³ d'air)

W_e = Humidité absolue extérieure (en g/m³ d'air)

V = Débit de ventilation réel (en m³/h)

Il est possible d'utiliser W_i et W_e en g/kg d'air si V est exprimé en kg d'air/heure.

Exemple :

Conditions extérieures : T_e = 5 °C et HR = 80 %

Conditions intérieures T_i = 25 °C et HR = 50 %

Débit de ventilation : 21 000 m³/h

Le diagramme psychrométrique nous indique W_e = 4,2 g d'eau/kg d'air et W_i = 10 g d'eau/kg d'air.

La différence est donc de 5,8 g d'eau par kg d'air. Sur le diagramme psychrométrique nous pouvons voir que le volume spécifique de l'air aux conditions extérieures est de 0,79 m³/kg.

Nous avons donc $\frac{5,8}{0,79} = 7,3$ g/m³ d'air.

Par heure, nous évacuons donc de notre bâtiment 7,3 x 21 000 = 153 300 g d'eau soit environ 153 litres par heure.

■ 4. Exemples de bilan hydrique

4.1. Premier cas

Hypothèses

- Un bâtiment de volailles de chair de 1050 m².
- Chargement : 20 animaux de 0,6 kg par m²
- Ventilation : 0,8 m³/h/kg
- Conditions intérieures recherchées : 25 °C et 60 % d'HR
- Conditions extérieures : 5 °C et 80 % d'HR.
- Pas de système de refroidissement

- Des fuites d'abreuvement et des remontées d'humidité estimées à 30 litres par heure soit 30 kg d'eau

4.1.1. Les apports d'eau par les animaux

4.1.2. Les autres apports d'eau

$$AAI = \underbrace{(1050 \times 20)}_{\substack{\text{Nombre} \\ \text{d'animaux}}} \times \underbrace{4,8}_{\substack{\text{Production} \\ \text{d'eau par} \\ \text{animal (g/h)}}} = 100\ 800 \text{ g/h}$$

Ceux ci ont été estimés à 30 litres par heure pour l'ensemble du bâtiment soit 30 000 g/h.

4.1.3. Les échanges par la ventilation

Chaque m³ d'air extrait exporte :

$$\frac{12}{W_i} - \frac{4,2}{W_e} \times \frac{1}{\underbrace{0,79}_{\substack{\text{Volume spécifique} \\ \text{de l'air à 5°C}}}} = 9,9 \text{ g d'eau/m}^3$$

L'exportation totale est donc de DVI =

$$\underbrace{(1050 \times 20 \times 0,6)}_{\substack{\text{Poids des} \\ \text{animaux}}} \times \underbrace{0,8}_{\substack{\text{Débit} \\ \text{par kg}}} \times 9,9 = 99\ 792 \text{ g/h}$$

Débit de ventilation en m³/h

4.1.4. Bilan

Apports : 100 800 + 30 000 = 138 800 g soit près de 140 litres
Evacuation :

99 792 g/h soit près de 100 litres ce qui correspond environ à la production d'eau par les animaux. Le débit de ventilation dans notre cas est insuffisant pour évacuer l'excès d'humidité (dont une partie non négligeable est due au mauvais réglage des abreuvoirs). Pour obtenir l'ambiance que l'on recherche (25 °C et 60 % d'hygrométrie), il faudrait augmenter le débit de ventilation de

$$\frac{(138\ 800 - 99\ 792)}{9,9} = 3\ 940 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cette augmentation du débit de ventilation ne sera pas sans conséquences sur les consommations de chauffage.

4.2. Deuxième cas

- Un bâtiment de 30 000 poules pondeuses de 1,8 Kg, équipé de batteries avec pré-séchage des fientes.

- Conditions extérieures : 15 °C et 70 % d'HR

- Conditions intérieures recherchées : 25 °C et 60 % d'HR

- Débit de ventilation de 1 m³/h/kg

4.2.1. Les apports d'eau par les animaux

$$AAI = \underbrace{30\ 000}_{\substack{\text{Nombre} \\ \text{d'ani-} \\ \text{maux}}} \times \underbrace{7,6}_{\substack{\text{Production} \\ \text{d'eau par} \\ \text{animal (g/h)}}} = 228\ 000 \text{ g/h}$$

4.2.2. Les autres apports d'eau

Nous avons considéré qu'il n'y avait pas de fuite par les abreuvoirs ou d'autres apports.

4.2.3. Les échanges par la ventilation

L'exportation par m³ d'air extrait est de

$$\frac{12}{W_i} - \frac{7,8}{W_e} \times \frac{1}{\underbrace{0,83}_{\substack{\text{Volume spécifique} \\ \text{de l'air à 15°C}}}} = 5 \text{ g d'eau/m}^3$$

Donc l'exportation totale est de DVI =

$$\underbrace{(30\ 000 \times 1,8)}_{\substack{\text{Poids des} \\ \text{animaux}}} \times \underbrace{0,8}_{\substack{\text{Débit} \\ \text{par kg}}} \times 5 = 218\ 600 \text{ g/h}$$

Débit de ventilation en m³/h

4.2.4. Bilan

Apports : 228 000 g soit 228 litres

Evacuation : 218 600 g/h soit près de 220 litres. Le débit de ventilation dans notre cas est presque suffisant pour évacuer l'humidité. Pour obtenir un bilan hydrique équilibré, il faudrait augmenter le débit de ventilation de

$$\frac{(228\ 000 - 218\ 600)}{5} = 1\ 880 \text{ m}^3/\text{h}$$

Toutefois nous n'avons réalisé ici que le bilan hydrique, il aurait été souhaitable au préalable de réaliser pour ce bâtiment un bilan thermique pour aider à déterminer les débits de ventilation nécessaires à l'obtention des températures recherchées.

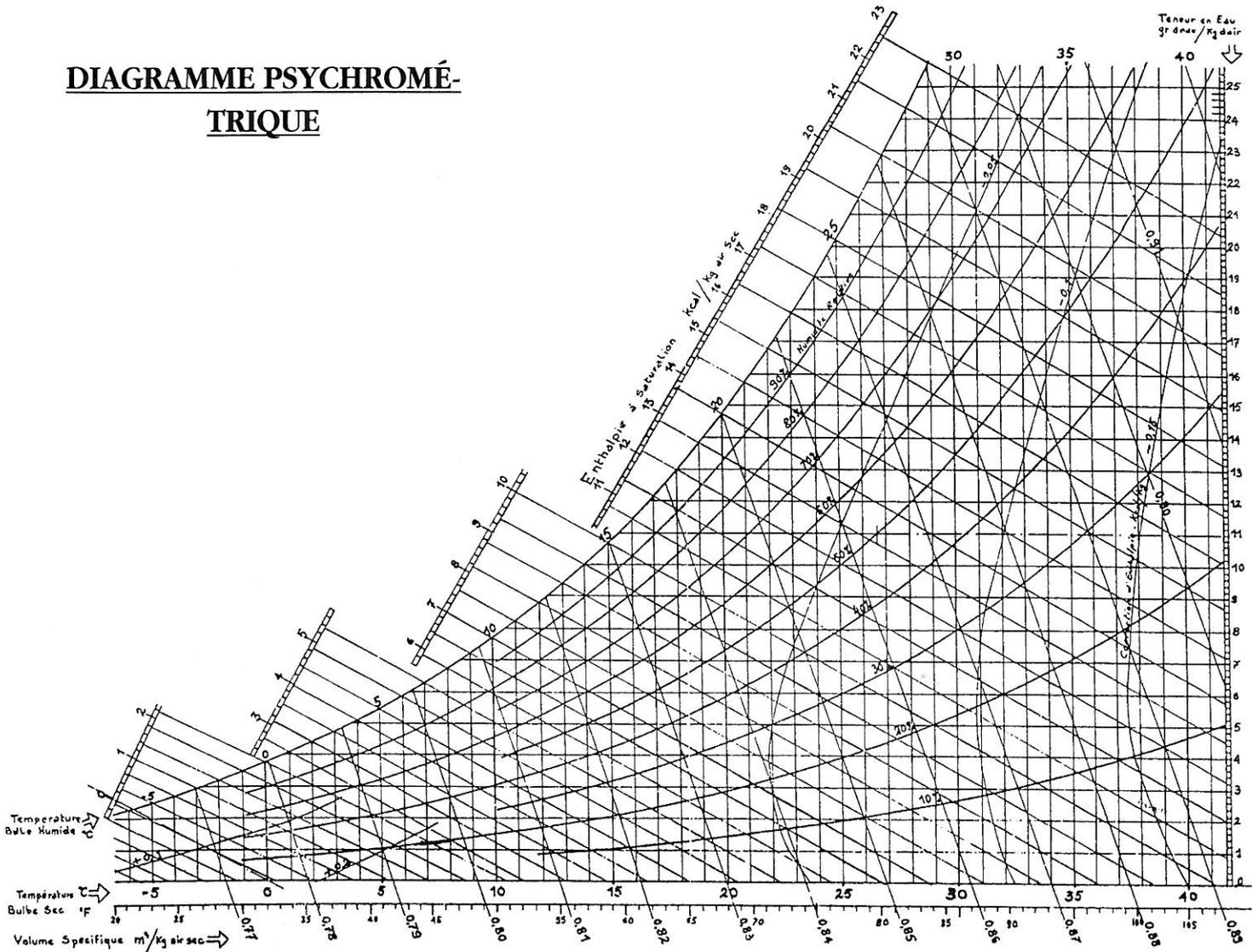
III. Conclusion

Les bilans thermique et hydrique permettent une approche des échanges qui existent entre l'animal et son

milieu. Cette approche, qui peut sembler parfois très théorique, a cependant l'avantage de mieux faire comprendre les interactions des différents facteurs. Si la vue des nombreuses formules de calcul utilisées dans cette

partie peuvent rebuter certains lecteurs, nous encourageons ceux-ci à reprendre les exemples que nous avons pris dans les deux parties et à remplacer les valeurs par les données d'un autre bâtiment.

DIAGRAMME PSYCHROMÉTRIQUE



**Émanations d'ammoniac
Humidité, Microbes**

NOUVELLE FORMULE

BIOSUPER

Toute l'hygiène au sérieux

**Utilisé par des milliers d'éleveurs,
chaque jour,
BIOSUPER fait ses preuves !**



Il neutralise l'ammoniac, l'humidité, les germes.

A vous d'en profiter !

Demandez le dossier technique et les témoignages. Envoi gratuit sur demande à :
AZF Spécialités 44160 INDRE - Tél : 02 40 38 05 63 - Fax : 02 40 38 33 75

