

DÉFINITION ET GESTION DE L'AMBIANCE DANS LES BÂTIMENTS DE PRODUCTION DES ŒUFS DE CONSOMMATION

M. LE MÉNEC

CNEVA - LCRAP - BP 53 - 22440 Ploufragan

De gros progrès ont été réalisés ces dernières années, en Europe, sur les possibilités de maîtrise de l'environnement dans les bâtiments destinés à la production des œufs de consommation.

D'autres améliorations, liées au système concurrentiel de l'économie libérale dans lequel nous produisons, vont conduire à définir d'une manière encore plus précise que par le passé :

- les exigences bioclimatiques et nutritionnelles des pondeuses,
- les caractéristiques optimales des bâtiments de ponte et de leur régulation climatique.

La plupart des producteurs d'œufs de consommation sont rémunérés suivant les termes de contrat dont les conditions sont fixées pour un temps déterminé. D'autres plus indépendants ont malgré tout des préoccupations similaires, à savoir des objectifs de rentabilité technico-économiques, principalement :

1. Rendements zootechniques élevés :

- poids d'œufs par poule et par an,
- calibre des œufs,
- indice de consommation/kg d'œufs,
- viabilité,
- qualité des œufs (coquille, albumen...).

2. Frais de gestion minimum :

- main-d'œuvre,
- énergie,
- frais vétérinaires,
- entretien...

3. Niveau des charges financières (amortissement, frais financiers...) (liées en partie au montant de l'investissement par poule logée...).

Objectifs :

Les objectifs zootechniques suivants peuvent être envisagés :

- durée de la ponte : 350 jours (20 à 70 semaines),
- nombre d'œufs par poule : > à 280,
- poids d'œufs par poule : > à 17,5 kg,
- indice de consommation d'aliment par kg d'œufs : > à 2,20,
- mortalité : 5 à 6 %.

Rappelons que les principales variables qui mènent aux bons résultats zootechniques sont les suivantes :

- poulette à 19-20 semaines,
- bâtiment,
- aliment,
- éleveur,
- techniques d'élevage,
- hygiène et prophylaxie générale.

Leur gestion rigoureuse augmente sensiblement les chances de réussite.

L'adaptation de l'air ambiant aux animaux est réalisée par l'éleveur.

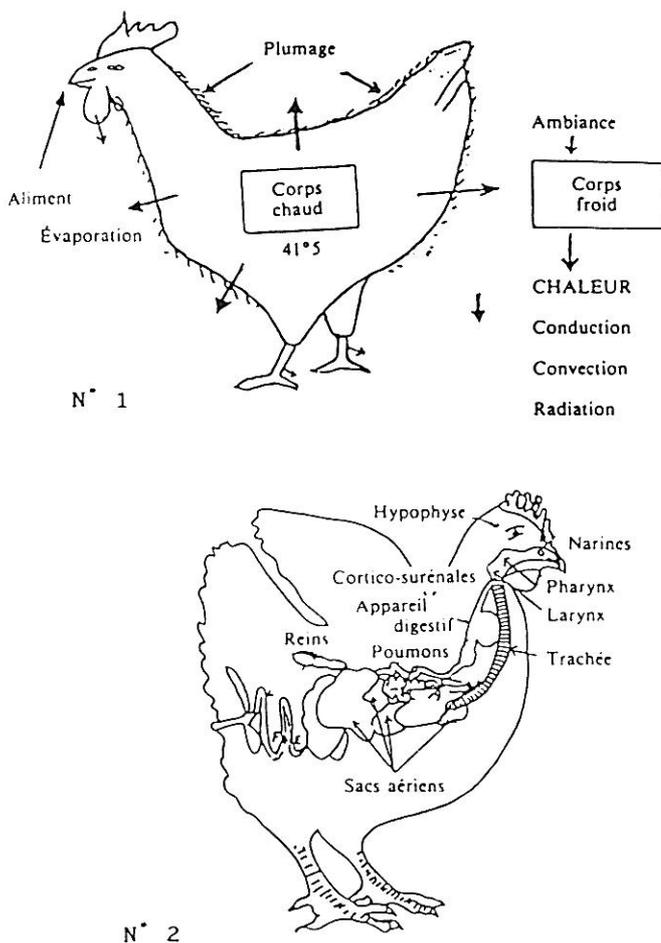
Un bâtiment de qualité lui facilite la tâche.

I LES EXIGENCES THERMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES DES ANIMAUX VIS-À-VIS DE LEUR ENVIRONNEMENT

1. les mécanismes de régulation thermique

Pour une meilleure compréhension des conséquences positives ou négatives d'une ambiance déterminée sur des animaux en production, il est nécessaire de bien connaître les mécanismes de la thermo-régulation de ces animaux.

Graphique 1 :
Mécanismes de thermorégulateur



Afin que leur température corporelle soit maintenue constante, la chaleur produite du fait de leur activité physique ou des réactions biochimiques, dont ils sont le siège, doit être en partie éliminée. Cette chaleur éliminée se décompose en 2 parties.

1.1. chaleur sensible

Elle se produit surtout à la surface du corps et est liée à plusieurs phénomènes.

Rayonnement

Son importance dépend de l'écart de température existant entre celle du corps de l'animal et les parois du bâtiment (sol, murs, toiture). En élevage en cages, les animaux des cages inférieures ou supérieures, ainsi que ceux situés dans les couloirs latéraux, seront surtout concernés, du fait de leur proximité des parois.

Conduction

Par contact de certaines parties du corps avec un milieu conducteur. Très peu d'importance avec ce type d'élevage.

Convection

En direction de l'air, au travers du plumage. Elle se déroule entre le corps des animaux et le fluide air ambiant, de température nécessairement plus basse.

L'air se réchauffe au contact de la poule, se dilate et s'élève.

Lorsque le phénomène se produit uniquement grâce à l'écart de température existant, ce mouvement est faible et la convection est dite "naturelle".

Par contre, si elle est obtenue en plus par un mouvement d'air rapide subi ou provoqué, elle est appelée "convection forcée". Dans ce cas, les pertes de calories sont accrues et cela devient l'un des moyens efficaces pour lutter contre les températures ambiantes trop élevées. Par contre, en cas de températures faibles, ces vitesses devront être réduites.

Excrétion fécale et production des œufs

1.2. chaleur latente

C'est celle déjà utilisée par l'animal par évaporation d'eau au niveau pulmonaire (0,6 kcal/g).

Les oiseaux ne disposent pas de glandes sudoripares afin de réguler leur température, aussi cette évaporation peut prendre une importance capitale en cas de températures élevées.

L'énergie apportée par l'alimentation est utilisée :

- pour une part à l'entretien et à la production,
- pour une autre part à compenser les transferts caloriques afin de maintenir stable la température corporelle.

Ces derniers devront être bien maîtrisés si l'on désire réduire les indices de consommation.

Tableau 1 :
Besoins énergétiques d'une pondeuse
en production (AEC - 1987)

T° ambiante	18° C	23° C	28° C
RIR	320 kcal	300	280
LEGHORN	300 kcal	280	260

Il existe, pour les pondeuses, une zone de température à l'intérieur de laquelle les transferts caloriques vers l'ambiance sont optimisés, et peu influencés par celle-ci. Cette zone est appelée "*zone de neutralité thermique*", elle est délimitée par les températures critiques inférieures et supérieures (TCi et TCs) et n'influe pas la température de l'animal.

Au-delà de ces limites, des chutes de productivité plus ou moins sensibles interviennent obligatoirement. En élevage industriel où le système de production en cages de dimensions réduites enlève aux animaux toutes possibilités d'adaptation comportementale, les limites admises de ces températures se situent entre 22° C et 25° C.

Dans ces conditions, les proportions de chaleur sensible et latente produites sont d'environ 75 à 25 %.

2. les possibilités d'adaptation physiologiques

2.1. températures ambiantes supérieures à 25° C

Les températures ambiantes supérieures à 25° C entraînent une augmentation de la température corporelle des animaux. L'importance de celle-ci est variable suivant :

- la souche,
- l'écart de température enregistré,
- le pourcentage d'humidité de l'air,
- le degré d'acclimatation,
- les mouvements de l'air.

Cette élévation de température interne provoque une élévation des rythmes cardiaques et respiratoires.

Apparaissent simultanément :

- une vasodilatation périphérique des vaisseaux sanguins, signe que l'animal cherche à augmenter ses pertes de chaleur par convection ;
- une augmentation des pertes de chaleur par évaporation au niveau des poumons, consécutive à l'hyperventilation thermique et respiratoire, signe que les pertes par convection ne suffisent plus.

Tableau 2 :
Influence de la température ambiante sur la production de
chaleur sensible et latente de (White Leghorn) North 1978

Température C °C	Chaleur sensible %	Chaleur latente %	Chaleur sensible Qté/kcal/h/kg vif
4,4° C	90	10	4,98
15,6° C	80	20	4,38
26,7° C	60	40	3,37
37,8° C	40	60	2,39

Ces phénomènes sont accompagnés obligatoirement d'une diminution :

- de l'ingéré alimentaire,
- de l'efficacité des échanges gazeux (O₂-CO₂)

au niveau pulmonaire,

et conduisent à des chutes de productivité avec dans l'ordre :

- abaissement du poids des œufs,
- chute du pourcentage de ponte,
- diminution de la qualité des œufs,
- augmentation de l'indice de consommation.

Au-delà de 37-38° C, la poule n'a pratiquement plus de possibilité de régulation thermique et cesse toute activité...

Il est possible de reculer ces limites de 3 à 4° C par augmentation progressive des températures ambiantes vécues, de 1° C par semaine. La température critique supérieure acceptable peut alors se situer aux environs de 29 à 30° C au lieu de 25.

2.2. températures ambiantes inférieures à 22° C

À l'inverse, lorsque les températures ambiantes sont inférieures à 22° C, des phénomènes physiologiques se produisent :

- vaso-constriction périphérique progressive des vaisseaux sanguins,
- augmentation de la valeur isolante du plumage par ébouriffement,
- etc.

Dans ce cas également, une chute de productivité apparaît. Elle est principalement due à une compensation des transferts caloriques par convection, devenus trop importants, par un ingéré alimentaire supérieur. Et si la production du nombre et de la qualité des œufs n'est pas sensiblement affectée, par contre les indices augmentent.

Il est possible d'adapter progressivement les animaux à des températures inférieures de 3 à 4° C (l'emplumement devient plus épais, par conséquent plus isolant, etc.) mais il est nécessaire d'agir avec prudence afin que l'indice de conversion alimentaire demeure excellent.

3. production calorique des animaux en fonction de la température ambiante

Les densités d'élevage interviennent afin de limiter ou d'augmenter les pertes de chaleur, en agissant sur les phénomènes de convection et de rayonnement.

Ainsi, un animal isolé dissipe environ 1,5 fois plus de chaleur qu'un animal inclus dans un groupe.

Suivant le climat local, il sera souhaitable d'en tenir compte au moment du choix des densités d'élevage, par conséquent du matériel à installer (nombre d'étages, largeur des couloirs, etc.).

Tableau 3 :
Production d'eau - pondeuses Leghorn de 1 820 g

Cn et élimination \ T° ambiante	4,4° C	10° C	15,6° C	21,1° C	26,7° C	32,2° C	37,8° C
Ch aliment g/♀/j	118	116	110	100	87	70	48
Ch eau g/♀/j	115	163	178	201	254	337	409
Eau produite :							
liquide	131	130	124	115	101	82	57
vapeur (en g/♀/j)	21	29	51	88	153	255	345
Total k vif/h/g	3,47	3,64	4,01	5,65	5,82	7,72	9,22

Moins de variation chez RIR que LEGHORN.

II LES PARAMÈTRES BIO-CLIMATIQUES POUVANT AFFECTER LA PRODUCTIVITÉ DES ANIMAUX

1. la température

On sait que les besoins énergétiques varient avec la température ambiante.

Les variations des besoins exprimés en kcal par kg de poids vif et par °C seraient de :
2,2 kcal pour les souches légères,
2 kcal pour les souches semi-lourdes.

Au-dessus de la température critique supérieure, cette variation devient plus importante et l'ingéré alimentaire ne satisfait plus aux exigences de production des animaux.

En élevages industriels, il est souhaitable de limiter au maximum les pointes de températures élevées et d'abaisser si possible au plus celles des nuits (< 25° C) afin de permettre aux animaux de vivre une température moyenne adaptée.

2. les mouvements de l'air

Les mouvements de l'air sont susceptibles d'influencer le confort thermique des animaux, en agissant

sur l'importance des transferts de chaleur sensible s'établissant par convection.

Une vitesse d'air de 0,20 m à 0,30 m/seconde caractérise un air calme.

Au-delà elle peut être perçue comme un rafraîchissement par l'animal, et en deçà, d'un effet contraire.

3. l'humidité de l'air

Elle est également susceptible d'influencer sur le confort thermique des animaux, principalement en dehors de la zone de neutralité thermique :

- en dessus de la TCS en réduisant les possibilités d'évaporation pulmonaire, très souvent à ce stade, seuil moyen d'exportation de chaleur ;

- en dessous de la TCI, en concourant à augmenter l'importance des transferts caloriques au travers du plumage.

Tableau 4 :

Effets approchés de la température et de la vitesse de l'air sur la variation d'ingéré énergétique d'une poule (on suppose que les autres besoins ne sont pas modifiés simultanément) (d'après Mc Donarld, 1978) - Ingéré énergétique exprimé en kcal EM/poule/j

Température de l'air (° C)	Vitesse de l'air (m/s)			
	0,25	0,50	1	2
5	68	97	136	194
15	48	68	96	136
25	28	40	56	80
35	8	11	16	22

Graphique 2 :

Zone de confort des animaux en fonction de la température et de la vitesse de l'air (d'après Le Ménéec, 1984)

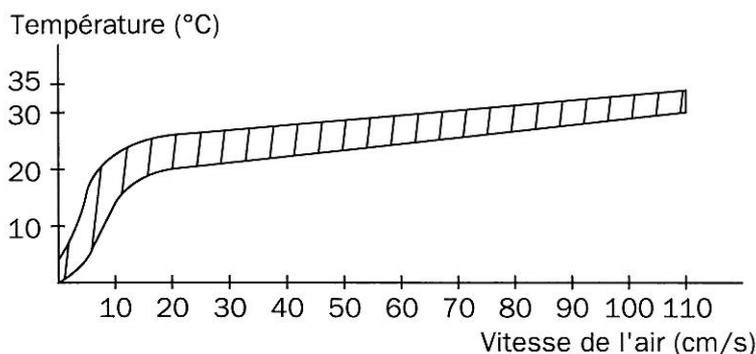


Tableau 5 :

Influence des températures et humidité ambiante sur les pertes de chaleur latente (oiseaux adultes) (*Poultry int. J. 1983*)

Température (°C)	Humidité relative (%)	Type de climat	% des pertes de chaleur latente par rapport au total
20	40	Normal	25
20	87	Normal humide	25
24	40	Tempéré sec	50
24	84	Tempéré humide	22
34	40	Chaud et sec	80
34	90	Chaud et humide	39

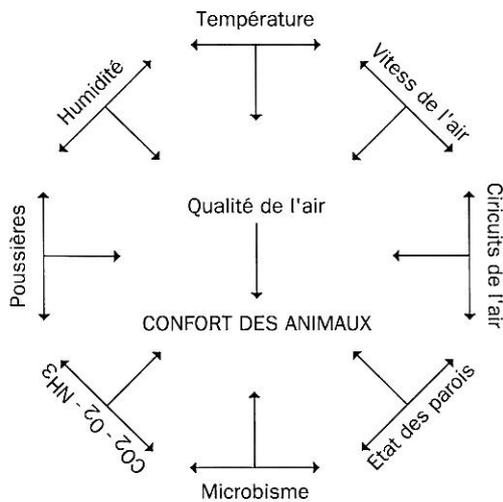
Tableau 6 :

Environnement et ponte

Âge	Climat température (°C) humidité relative (%)	Consommation individuelle journalière (g)	Pourcentage de ponte	Poids moyen des œufs (g)	Poids d'œufs /poule/jour /g
24-44 semaines	20° C-65 %	121	93,9	59,4	55,8
	30° C-90 %	94	81,2	55,2	44,9
21-49 semaines	30° C-65 %	97,3	79,3	60,4	47,9
	30° C-95 %	86,6	76,7	58,8	45,1
23-40 semaines	25° C-35 %	99,4	79,3	58,8	46,6
	30° C-	92,4	72,9	58,7	42,8

La température ambiante lue au thermomètre est donc insuffisante pour appréhender la valeur de l'environnement climatique. Il faut en effet distinguer la température de l'air, de la température effectivement vécue par les animaux (TEV) qui tient compte de cette température lue, mais également des mouvements de l'air, son humidité et de l'état des parois internes (dont la température est liée à son isolation).

Graphique 3 :
Qualité de l'air et confort des animaux



La qualité de l'air, souhaitable au niveau de vie des animaux, se juge trop souvent au seul paramètre de sa température. L'expérience montre que le confort des animaux est lié à un ensemble de paramètres. C'est le meilleur compromis en faveur de l'animal et par rapport aux coûts de gestion que l'éleveur devra constamment, nuits et jours, s'attacher à obtenir.

Association négative de paramètres de l'ambiance

1. Température insuffisante
Vitesse de l'air trop importantes
Humidité trop élevée
↓
Inconfort thermique (diarrhées, entérites)
Plumage humide, non isolant
Litières froides
↓
Problèmes sanitaires
Rendements faibles
2. Températures élevées
Vitesse d'air insuffisantes
Humidité relative élevée
↓
Inconfort thermique
↓
Charge microbienne élevée
Charge chimique élevée (NH₃)
↓
Problèmes de croissance, d'indices
Problèmes sanitaires

En complément de ces trois paramètres de l'ambiance qui interviennent afin de faciliter ou non la thermo-régulation des oiseaux, il nous faut citer deux autres, susceptibles d'interférer sur leur confort global et, par la même occasion, nuire à la productivité du troupeau.

4. l'ammoniac

Issu de la décomposition microbienne de l'acide urique des déjections (en présence d'une température et d'une teneur en eau suffisante), il peut :

- provoquer des troubles oculaires,
- prédisposer aux problèmes respiratoires,
- induire des baisses de ponte, d'efficacité alimentaire, de qualité des œufs.

Il apparaît surtout en période humide et froide, mais, dans certains cas, toute l'année.

Il se combat à l'aide d'une bonne adaptation du bâtiment et une bonne gestion générale de l'élevage dont celle de la ventilation.

Taux maximal souhaitable : 15 à 20 ppm.

5. les poussières

Aussi dangereuses que l'ammoniac pour les voies respiratoires, parce que caustiques.

De plus, elles contribuent à véhiculer les germes éventuellement dangereux.

6. l'oxygène

Pose rarement des problèmes.

Le seuil de tolérance se situe aux environs de 19 % dans l'air ambiant.

7. le gaz carbonique

Les poules pondeuses pourraient supporter des teneurs de l'air en CO₂ de l'ordre de 3 à 4 %.

Les normes optimales des paramètres de l'ambiance dans les poulaillers de ponte peuvent être résumées dans les tableaux ci-après :

**Tableau 7 :
Renouvellement de l'air**

	Pays chauds	Pays tempérés
Température	24 à 29° C	22 à 25° C
Mouvements de l'air	0,30 à 2,5 m/s	0,20 à 0,30 m/s
Humidité	40 à 70 %	40 à 70 %
Ammoniac teneur maxi.	14 à 20 ppm	
O2 teneur maximale	19 %	
CO2 teneur maximale	0,5 % à 1 %	
Poussières	10 mg/m	
Charge microbienne	minimale	

**Tableau 8 :
Résultats zootechniques de pondeuses suivant l'étage de la batterie de 19 à 69 semaines**

Étage	Température par étage (°C)	Nbre d'œufs par poule "départ"	Poids moyen des œufs (g)	Poids d'œufs /poule/jour (g)	Consommation individuelle journalières (g)	Indice de consommation	Aliment/œuf (g)	Mortalité (%)
Haut	22	276,4	61,55	49,33	119,33	2,419	148,9	5,1
Milieu	20,2	279,5	61,75	49,69	121,87	2,453	151,4	2,75
Bas	17,4	275,6	62,15	49,29	124,94	2,535	157,6	2,0
Moyenne	19,9	277,2	61,8	49,43	122,05	2,469	152,6	3,3

SEA - Ploufragan 1985.

III ÉNUMÉRATION DES STRUCTURES À RISQUES LIÉES AU BÂTIMENT

Et susceptibles d'agir seules ou combinées, sur l'efficacité de la gestion du confort thermique et physiologique des pondeuses.

Les études et travaux réalisés jusqu'à ces dernières années ont permis d'identifier les risques suivants :

1. L'implantation
2. La qualité des sols ou fosses
3. L'étanchéité
4. L'isolation globale

5. La capacité maximale de la ventilation

6. La régulation de cette ventilation

7. Les densités d'élevage liées aux types de cages

À ces structures, dont les effets négatifs peuvent apparaître aussi bien en bâtiments à ventilation dynamique ou naturelle, il convient d'ajouter pour cette dernière :

- le volume,
- la pente du toit.

IV LA GESTION DE L'AMBIANCE DANS LES BÂTIMENTS DE PRODUCTION D'ŒUFS DE CONSOMMATION

Une qualité d'air, la plus proche possible des exigences bioclimatiques des volailles élevées en fortes densités, est sans doute l'une des variables les plus importantes en élevage industriel, qui conditionne l'obtention

de performances correspondant aux potentialités génétiques des oiseaux. Cette variable est incontestablement difficile à maîtriser.

1. l'objectif

Il vise le renouvellement de l'air afin :

- d'apporter l'oxygène,
- d'évacuer les gaz : $\text{NH}_3\text{-CO}_2$ principalement,
- d'éliminer les poussières, l'eau produite par les animaux,

- enfin de réguler l'ambiance afin d'obtenir l'équilibre thermique du bâtiment.

2. bases de calcul des renouvellements de l'air

Afin d'obtenir l'équilibre thermique d'un bâtiment et d'assurer une qualité d'air optimale, ces besoins sont exprimés en m^3/kg vif/heure.

2.1. oxygène

Une poule consomme environ 0,8 à 1 litre d' O_2 à l'heure à 23 °C. Le seuil de tolérance se situant aux environs de 19 %, la ventilation nécessaire à l'apport d' O_2 est voisine de 0,040 m^3/kg vif/heure.

2.2. le gaz carbonique

Il ne constitue pas un problème dans la mesure où la production d'œufs n'est pas altérée par des teneurs de 3 à 4 %.

Norme admise : 0,3 m^3/kg vif /heure.

2.3. l'ammoniac

L'ammoniac pose des problèmes en hiver, par ventilation réduite, lorsque les déjections sont stockées dans le bâtiment.

Il est préférable d'éliminer l'eau des déjections par séchages partiels ou évacuation périodique, que d'avoir à ventiler sur ce paramètre.

Norme : varie de 0,3 à 2 m^3/kg vif /heure.

2.4. l'eau

L'eau à extraire d'un bâtiment est composée :

- de l'eau éliminée par les animaux sous forme liquide et vapeur. Environ 85 g/kg vif pour, et en cas d'évacuations périodiques des déjections, de 40 à 45 g ;

- de l'évaporation de l'eau des abreuvoirs,
- d'un éventuel gaspillage ou fuites.

Dans une zone de températures de 20 à 25° C, la proportion de 50 % sous forme liquide et 50 % sous forme vapeur doit être retenue.

La ventilation nécessaire à l'exportation de cette eau produite, afin de contenir le taux d'humidité relative du bâtiment inférieure à 70 %, peut être calculée par la formule suivante :

$$V_{m^3} = \frac{P}{P_i - P_e}$$

dans laquelle :

V_{m^3} = volume à renouveler,

P = poids d'eau à éliminer (en g/h),

P_i = poids de vapeur d'eau contenue dans un m^3 d'air intérieur,

P_e = poids de vapeur d'eau contenue dans un m^3 d'air extérieur.

Exemple :

en hiver : T° ext.	+ 2 °C		Poids H_2O
HR	90 %		5 g/ m^3
T° int.	25 °C		Poids H_2O
HR	70 %		17 g/ m^3

Il peut se charger de $17 - 5 = 12 \text{ gH}_2\text{O}/\text{m}^3$.

Normes nécessaires si les déjections sont retirées régulièrement : 0,25 m^3/kg vif/heure, dans le cas contraire : 0,60 m^3/kg vif/heure.

En fait, suivant le climat extérieur, ces normes peuvent varier de : 0,2 à 2 m^3/kg vif/heure.

L'élimination de l'eau se fait d'autant mieux qu'il existe un écart important entre les températures ou (et) humidités intérieures et extérieures. En saison tempérée, elle exige d'assez importantes quantités de calories (pour l'évaporation de la partie liquide) à prendre en compte dans le calcul du bilan thermique.

Cette ventilation est appelée la "Ventilation Minimale Nécessaire" (VMN). Ses valeurs sont fréquemment voisines de celles de l'ammoniac.

Chaleur excédentaire

En hiver, le bâtiment est le plus fréquemment endothermique, ou en équilibre thermique lorsque isolation, ventilation, densité d'élevage le permettent.

En été, ou en cas de très bonne isolation en période tempérée, il peut devenir exothermique. Afin d'éviter une élévation de la température au-delà de 25 °C, il sera nécessaire d'exporter l'excédent de calories par la ventilation.

Formule applicable, tant que la température extérieure est inférieure à celle souhaitée dans le bâtiment :

$$V_m = \frac{Q \text{ Kcal}}{(t_i - t_e) 0,3}$$

dans laquelle :

Q Kcal = excédent de la chaleur à exporter,

$t_i - t_e$ = écart de température entre l'intérieur et l'extérieur

0,3 = Kcal nécessaire afin d'éviter 1 m^3 d'air de 1 °C.

Exemple : T° ext. 18 °C

T° int. 25 °C

$$\frac{2,3}{7 \times 0,3} = 1,10 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ vif/heure}$$

Lorsque la température extérieure se rapproche de celle intérieure, voire la dépasse, ces normes ne sont plus applicables.

Plusieurs solutions de remplacements existent :

- vaporiser de l'eau dans le bâtiment,
- réfrigérer l'air admis,
- augmenter les mouvements de l'air autour des animaux.

Dans ce dernier cas, des vitesses de 1 à 2 m/s peuvent être tolérées, ce qui implique une ventilation dynamique capable de renouveler l'équivalent de 6 à 7 m³/kg vif/heure.

Il est possible d'abaisser la TEV par les animaux de 10 à 12 °C, voire plus en utilisant l'action combinée des forts mouvements de l'air et l'évaporation de l'eau aux admissions.

Tableau 9 :

Normes de renouvellement de l'air : (m³/kg/heure)

Critères physio-chimiques	Renouvellement (m ³ /kg/h)
Oxygène	0,04
CO ₂	0,3
NH ₃	0,3 à 2
H ₂ O	0,3 à 2
Chaleur	4 à 7*

* 4 pour les pays tempérés.

* 7 pour les pays chauds où il est nécessaire à certain moment d'obtenir des mouvements d'air élevés au niveau des animaux.

3. l'équilibre thermique du bâtiment

Il est à rechercher aux moindres coûts de gestion.

En période hivernale

Lorsque la chaleur sensible produite par les animaux permet de maintenir la température intérieure souhaitée, sans apport de chauffage, tout en :

- compensant les déperditions par les parois du bâtiment,
- réchauffant l'air nécessaire au minimum de ventilation,
- évaporant l'eau des déjections.

Le bilan est positif.

Une bonne isolation des parois, une évacuation périodique des déjections, une forte densité animale et enfin une utilisation efficace de l'air de renouvellement facilitent l'obtention de ce bilan positif.

En période estivale

L'efficacité du binôme "ventilation-réfrigération" doit permettre de maintenir les températures effectivement vécues dans des limites acceptables.

Température < 29 °C Vitesse air 0,50 à 2 m/s

Humidité relative < 50,60 %.

L'équilibre thermique sera obtenu quand :

$$QKcal = ECe + S (K + S) Dt + (Vd Ca) Dt,$$

où :

QKcal = chaleur sensible apportée par les animaux, les déjections, le rayonnement solaire,

E = eau des déjections à évaporer (g/h) et éventuellement l'eau de gaspillage, d'infiltration,

Ce = chaleur de vaporisation de l'eau (0,6 Kcal/g),

S (K + S) = déperdition calorifique des parois (Kcal),

V = volume horaire des renouvellements de l'air,

d = poids spécifique de l'air = 1,29 kg/m³,

Ca = chaleur spécifique de l'air = 0,24 kcal/kg/°C,

Dt = écart de température intérieure – extérieure en °C.

Cette formule appelle à plusieurs remarques :

- *En période hivernale*, afin de maintenir les températures intérieures souhaitables, nécessité de minimiser les pertes calorifiques, prioritairement au niveau de :

ECe → évacuation possible des déjections, afin de réduire V,

S → excellente isolation (surtout de la toiture) :

K toiture < 0,40, mur < 0,60, pas de surface vitrée.

- *En période estivale* : afin de contenir les températures intérieures à un niveau acceptable, agir sur :

S : excellente isolation,

V : débit important,

ECe : évaporation d'eau aux admissions.

La gestion de l'ambiance prendra en compte principalement les trois paramètres les plus importants :

- la température, avec comme limites supérieures et inférieures, respectivement : 22 ° et 25 °C ;

- la vitesse de l'air : il existe pour chaque température une plage de vitesse optimale qui peut varier de 0,10 à 2 m/s ;

- l'humidité de l'air de 40 à 70 % avec en période de dépassement des 30 °C, un maximum de 50 à 55 %.

La bonne maîtrise de ces trois paramètres et leur bon équilibre conditionnent pour une grande part la qualité de l'ambiance.

Suivant la saison, la circulation de l'air dans le bâtiment se fera d'une manière différente.

- **En hiver**, ou lorsque la température extérieure sera nettement inférieure à celle de la TCI (< à 16 °C environ), il sera nécessaire de faire parcourir un maximum de distance à la veine d'air neuf introduit, afin qu'elle se trouve à température et vitesse adéquate avant d'atteindre les animaux, de manière à ne pas perturber l'équilibre thermique de ces derniers.

- **En période intermédiaire**, lorsque les températures extérieures sont égales à celles de neutralité thermique des oiseaux, les circuits de l'air peuvent être raccourcis.

- **Enfin en période de forte chaleur** (température ext. > à 26 °C), il sera souhaitable de diriger le flux d'air entrant directement sur les animaux, et à vitesses proportionnelles au dépassement de la TCS.

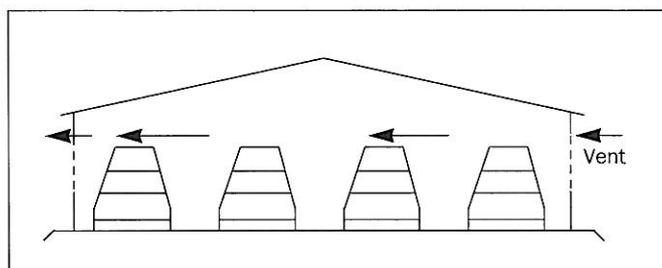
Les volumes d'air à admettre seront alors pour 20 000 poudeuses de l'ordre de 240 à 280 000 m³/h (6 à 7 m³/kV/heure).

Avant d'atteindre ces chiffres importants, il peut s'avérer plus économiquement d'utiliser la réfrigération par l'eau et les brasseurs d'air.

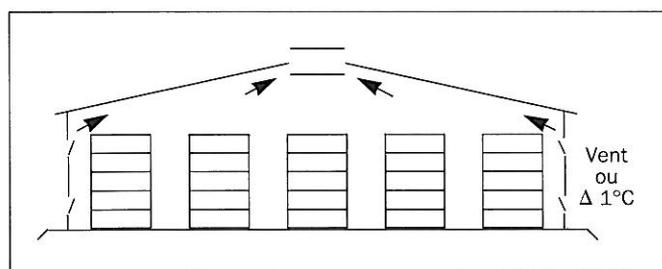
4. la ventilation naturelle

Elle fonctionne avec admissions latérales ou bilatérales, et que s'il existe une surpression sur l'une des parois (due au vent...) ou une dépression à l'intérieur (due à un Δt avec l'extérieur).

Graphique 4



Graphique 5



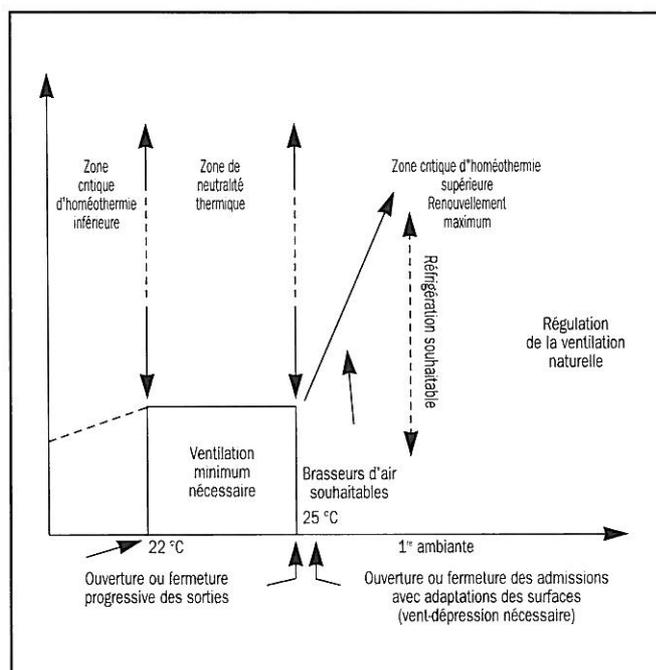
La ventilation naturelle **ne permet pas** de maîtriser l'ambiance d'une manière homogène durant toute l'année, et à certains moments, sa conduite s'avère difficile (période de chaleur, ou de très grnds froids) et on observe de grands écarts de température et de mouvement d'air.

Si l'utilisation de brasseurs d'air y est efficace, par contre la réfrigération par évaporation de l'eau l'est moins. Il est également difficile, par manque d'obscurité suffisante, d'y appliquer les programmes lumineux.

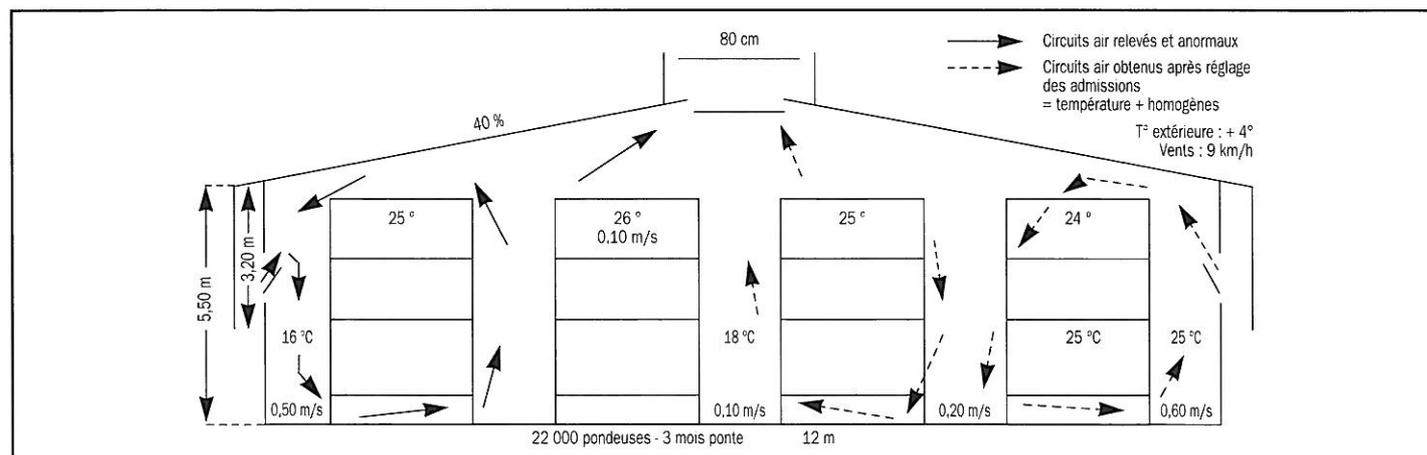
Néanmoins, elle possède des atouts économiques évidents, et elle a beaucoup progressé ces dernières années grâce à la régulation automatique sur les admissions et sorties (6 vérins pour un bâtiment de 1 000 m²).

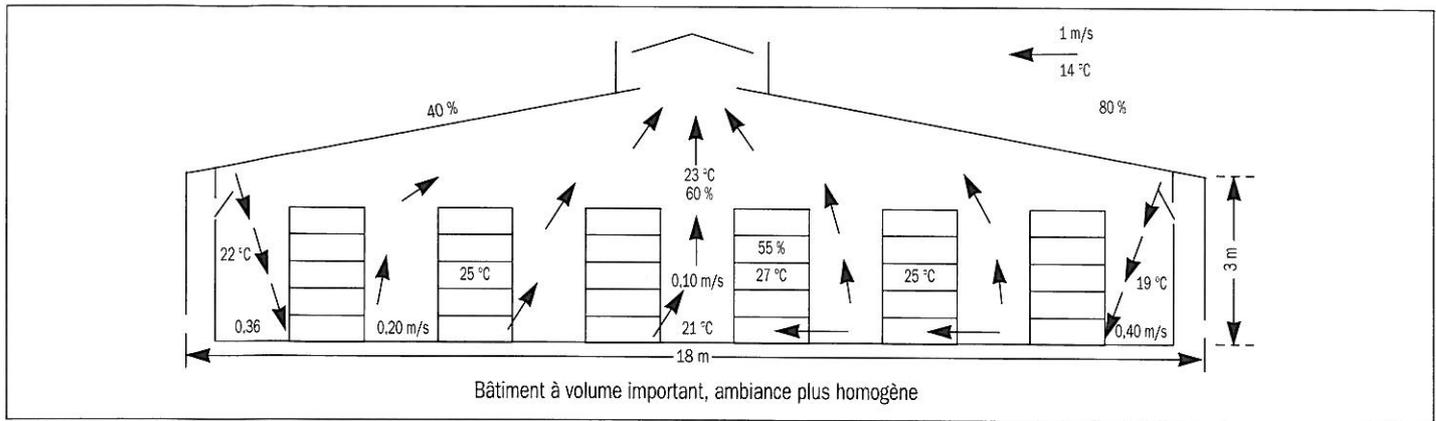
De plus, étanchéité, volume et isolation ont été améliorés.

Graphique 6 :
Régulation de la ventilation



Graphique 7 :
Exemples de relevés climatiques





5. la ventilation dynamique

La ventilation dynamique en dépression est la plus couramment utilisée. L'air vicié est extrait du bâtiment par des ventilateurs.

La **dépression obtenue** (15 à 35 Pascals) permet de maîtriser la circulation de l'air. Ainsi, en hiver, il est possible de le faire parcourir jusqu'à 8-10 m en partie haute et chaude de l'ambiance, avant qu'il n'atteigne les animaux, à conditions que les surfaces d'admission soient constamment adaptées au débit du moment.

Formule utilisable afin de connaître ces surfaces :

$$S \text{ m}^2 = \frac{V \text{ m}^3/\text{S}}{V \text{ m/s (3 à 4 m)}}$$

mais il est souhaitable d'utiliser un dépressiomètre.

Il est possible d'adapter d'une manière précise les débits de renouvellement aux besoins réels. Ces débits doivent pouvoir varier automatiquement pour 20 000 animaux de 15 à 280 000 m³/h, également, les vitesses d'air au niveau des animaux, de 0,10 à 2 m/s environ.

La **réfrigération par l'eau** devient efficace, mais demeure dépendante du pourcentage d'humidité de l'air extérieur.

Une **bonne isolation** (K toiture = 0,35, parois 0,60) permet de mieux gérer l'équilibre thermique du bâtiment, hiver comme été.

La ventilation dynamique possède de nombreux avantages et quelques inconvénients.

En **période froide**, elle permet de mieux gérer le confort thermique des animaux, à condition toutefois qu'un ensemble de règles liées à sa structure et son utilisation soient scrupuleusement respectées :

- débits réels sans "sous" ou surventilation par rapport aux besoins,
- circuits de l'air froid introduit maîtrisés,
- forme, situation et utilisation efficace des admissions (sous contrôle automatique d'un dépressiomètre),
- plages de températures et taux hygrométriques de consignes respectés,

- excellente étanchéité des parois,
- etc.

En **période chaude**, le problème est différent. Il s'agit d'éliminer des calories provenant des animaux du rayonnement solaire et de l'air introduit, afin de protéger les oiseaux de tout dépassement anormal de la Température Critique Supérieure (TEV). Plusieurs techniques peuvent aider à l'obtention de l'équilibre thermique des animaux :

Bâtiment :

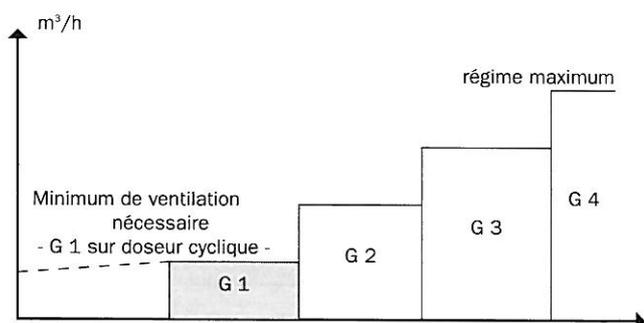
- bonne isolation (forte inertie thermique),
- matériaux des parois extérieures réfléchissants,
- entretien de verdure (arbres ou pelouses) autour du bâtiment qui évite d'introduire de l'air surchauffé,
- ventilation entre toiture et matériaux isolants.

Régulation :

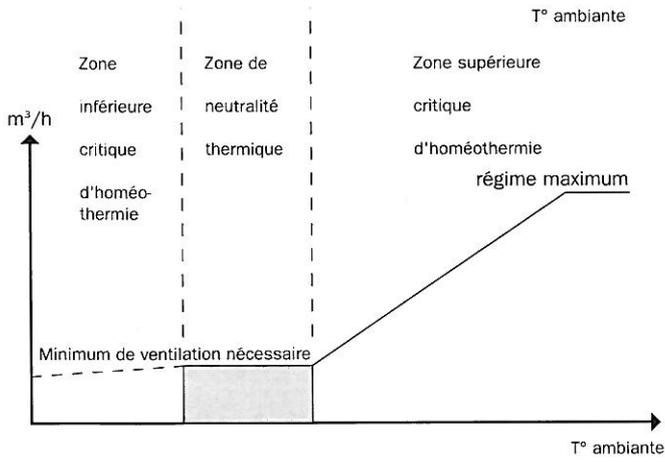
- introduire des débits d'air importants, prélevés sur la façade située à l'ombre (6-7 m³/kg vif/heure) directement sur les animaux,
 - refroidir l'air introduit avec l'aide de l'eau,
 - etc.
- Chaque installation, par mesure de prudence, sera testée avant la mise en place du premier troupeau, afin :
- de connaître les débits réels minima et maxima des ventilateurs, dans leurs conditions d'utilisation,
 - de visualiser les circuits de l'air neuf introduit dans l'ambiance et d'en contrôler température, vitesse et homogénéité,
 - de contrôler la réelle étanchéité des parois et ouvrant du bâtiment.

Graphique 8 :

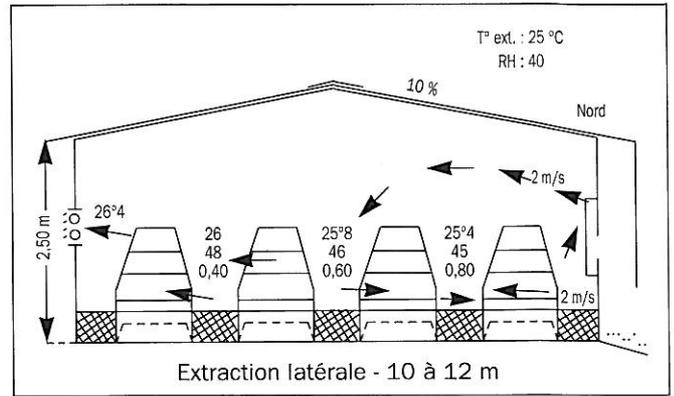
Régulation établie avec ventilation à vitesse unique



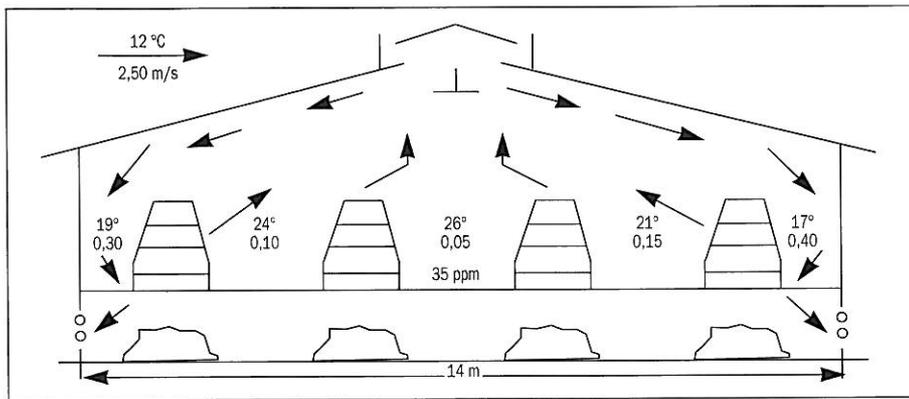
Graphique 9 :
Régulation électronique avec ventilation à vitesse variable



Graphique 10 :
Exemples de relevés climatiques effectués sur différents types de bâtiments à ventilation dynamique

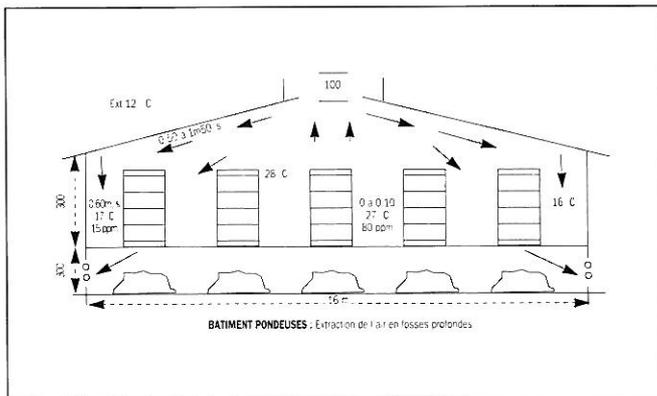


Graphique 10 b :



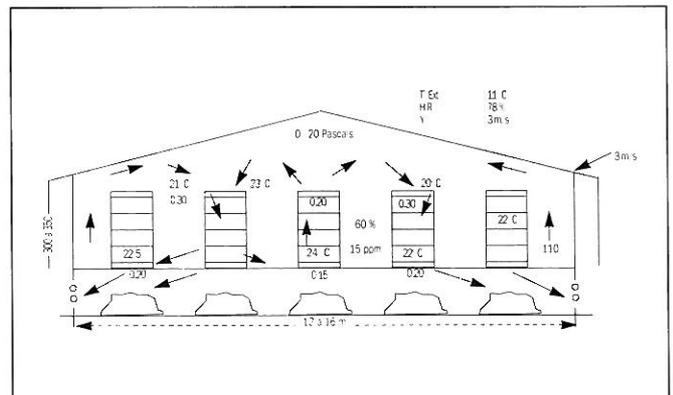
Difficultés afin d'obtenir des températures et vitesses de l'air homogènes, les couloirs latéraux ont tendance à être surventilés et ceux du centre sous-ventilés (écarts de température : 9 °C).

Graphique 10 c :



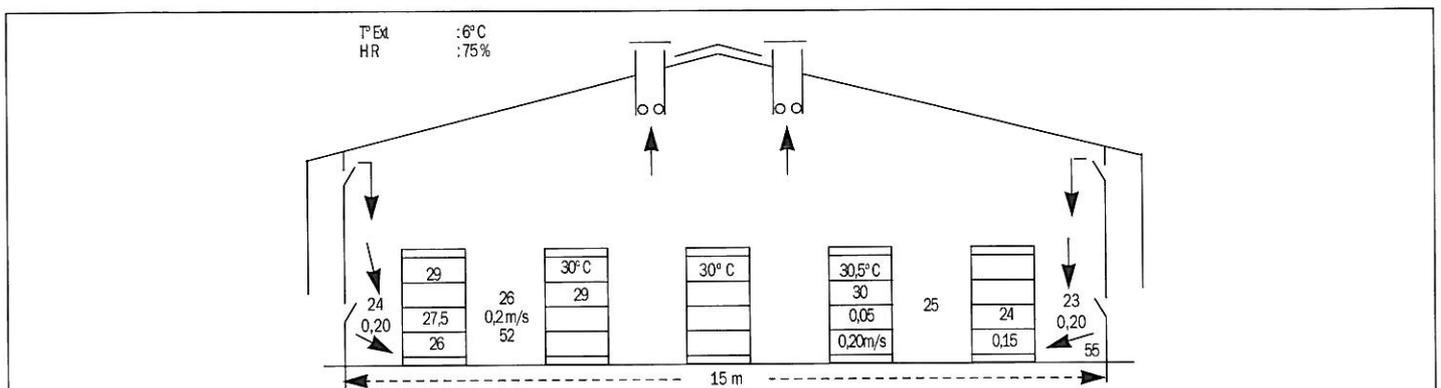
Bonne dépression mais mauvais circuits.

Graphique 10 d :



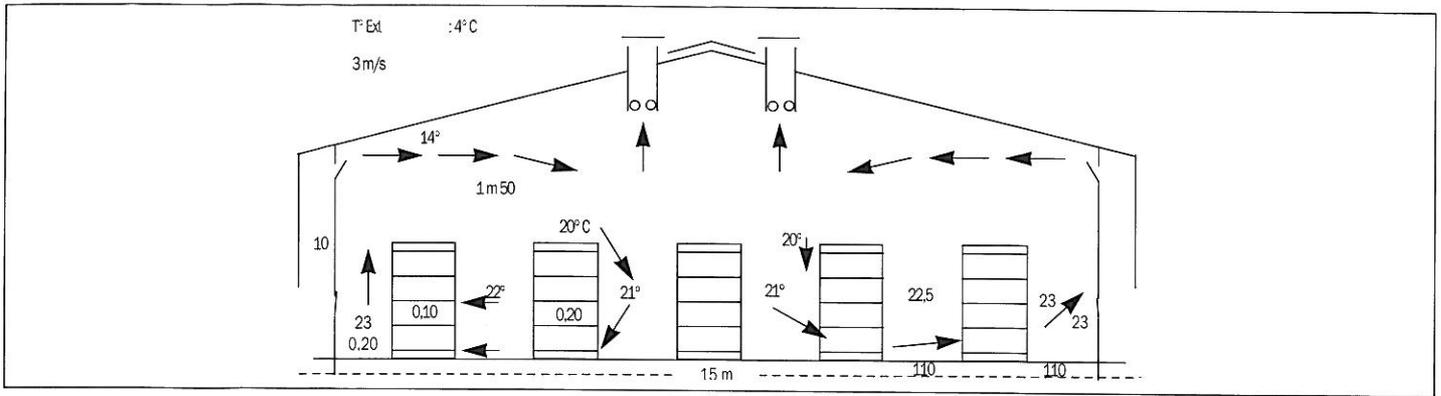
Bonne dépression et bons circuits. Bonne homogénéité des paramètres température et vitesse de l'air.

Graphique 10 e :



Pas de dépression.

Graphique 10 f :



Bonne dépression, bons circuits et ambiance homogène.

CONCLUSION

L'obtention d'une ambiance correcte et homogène, correspondant aux exigences bioclimatiques actuellement connues des producteurs, demeure encore difficile et dans beaucoup de cas de construction, même récentes, de gros écarts de micro-climats y sont observés. Ces écarts ne permettent sans doute pas d'optimiser la production.

Disposer d'un bâtiment bien isolé, très correctement étanchéité, obscur, et dans lequel les règles de gestion de la ventilation seront appliquées strictement, c'est avoir la possibilité de mieux gérer le confort thermique des producteurs et d'utiliser les nouvelles techniques de production : températures élevées, programmes lumineux fractionnés, etc.

Aussi il est souhaitable que tout projet (améliorations ou constructions neuves) soit précédé d'études détaillées avant la réalisation.

Ces études seront si possible réalisées par l'éleveur, assisté de son technicien. Ce dernier aura reçu préalablement une formation adaptée à ce genre de travail.

Elles déboucheront sur l'élaboration d'un descriptif contenant un maximum de précisions techniques.

Enfin, la réalisation des travaux sera suivie d'une manière rigoureuse par les deux personnes concernées qui procéderont ensuite à une réception des travaux.

Il est souhaitable également de tester le bon fonctionnement de l'ensemble de l'outil construit ou rénové, en particulier le conditionnement de l'ambiance (utilisant fumigènes, thermo-hygro-anémomètres).