

## PARTIE 1

### 11

**Les besoins des animaux, pour un bien-être optimal et de bonnes performances zootechniques**

- 12 LES BESOINS EN SURFACE : POUR UN ÉTAT SANITAIRE ET UN BIEN-ÊTRE AMÉLIORÉS
- 12 LES BESOINS EN VOLUME D'AIR STATIQUE : POUR QUE LA VENTILATION ET LES ÉCHANGES THERMIQUES À L'INTÉRIEUR DU BÂTIMENT SOIENT OPTIMUM
- 14 LES BESOINS EN TEMPÉRATURE : POUR MAINTENIR L'INTÉGRITÉ PHYSIQUE DES ANIMAUX
- 16 L'HUMIDITÉ RELATIVE DE L'AIR : SOUVENT SUBIE ET DIFFICILE À MAÎTRISER
- 17 LA LUMINOSITÉ ET LE RAYONNEMENT SOLAIRE DIRECT ET INDIRECT : NÉCESSAIRES AVEC PARFOIS DES IMPACTS NÉGATIFS
- 17 LES VITESSES D'AIR DANS LE BÂTIMENT : FAVORABLES OU DÉFAVORABLES SELON LA SAISON
- 18 LA QUALITÉ DE L'AIR : LE RENOUVELLEMENT DE L'AIR EST INDISPENSABLE
  - 18 La vapeur d'eau, l'élément le plus important en quantité
  - 19 La qualité chimique de l'air : une obligation pour la santé des animaux et des éleveurs
  - 21 Des bâtiments de plus en plus occupés toute l'année... qui doivent s'adapter aux contraintes

## PARTIE 2

### 23

**Bien orienter les bâtiments d'élevage pour optimiser la ventilation naturelle**

- 24 LE VENT, MEILLEUR ALLIÉ D'UNE BONNE VENTILATION NATURELLE
  - 24 « L'effet cheminée » : insuffisant pour les grands bâtiments
  - 24 Un effet vent à privilégier pour assurer le renouvellement de l'air
  - 25 Ne pas confondre renouveler l'air grâce à l'effet vent et créer des courants d'air
  - 25 Conséquences pratiques pour assurer une bonne ventilation naturelle
- 25 CHOISIR UN SITE FAVORABLE POUR OPTIMISER LA VENTILATION NATURELLE
  - 25 Analyse de la petite zone géographique autour du bâtiment
  - 26 Analyse de l'environnement immédiat du bâtiment
- 28 CHOISIR LA BONNE ORIENTATION POUR UN BÂTIMENT D'ÉLEVAGE
  - 28 La façon habituelle de procéder pour orienter un bâtiment n'est pas toujours la bonne !
  - 28 Orientation par rapport au soleil : préférer si possible un long-pan côté sud-est
  - 30 Orientation par rapport aux vents les plus fréquents : une histoire d'angle
  - 34 La ventilation naturelle peut être hétérogène à l'intérieur d'un bâtiment d'élevage

**PARTIE 3****37****Les surfaces recommandées pour les ouvertures ventilantes****38** DES « ENTRÉES » ET DES « SORTIES » PLUS POLYVALENTES QU'ON NE LE CROIT

- 38 Le vent, acteur majeur de la ventilation

**39** LES RÉFÉRENCES POUR LE DIMENSIONNEMENT DES OUVERTURES VENTILANTES

- 39 Les recommandations usuelles : une base incontournable
- 40 Les références techniques usuelles pour la ventilation naturelle
- 43 Modulations à apporter aux références de base
- 45 La modulation des surfaces d'ouverture en prenant en compte le volume du bâtiment
- 47 La modulation des surfaces d'échanges recommandées selon l'altitude, le climat et l'exposition au vent

**51** RÉALISER ET DIMENSIONNER DES OUVERTURES EN PIGNONS

- 51 Le compromis habituel pour les ouvertures en pignons

**52** DIMENSIONNER DES OUVERTURES RELAIS EN RAMPANT DE TOITURE

- 52 Quand préconiser ces relais de ventilation ?
- 53 Création d'ouvertures relais en raison de la seule largeur du bâtiment
- 54 Création d'ouvertures relais complémentaires en raison d'un manque d'ouverture au faîtage

**56** DIMENSIONNER DES OUVERTURES À LA JONCTION DE DEUX OU TROIS BÂTIMENTS

- 56 Ce qu'il faut faire lorsqu'on accole deux bâtiments
- 58 Un possible report d'un manque de surface du décalage entre bâtiments vers les rampants de toiture des deux bâtiments adjacents

**PARTIE 4****61****Les solutions techniques pour la réalisation d'ouvertures ventilantes****62** LES OUVERTURES EN TOITURE

- 62 La faîtière ventilée continue avec tôles pare-vent
- 63 La faîtière avec pare-vent et pare-pluie
- 63 Le dôme éclairant et ventilant
- 64 Le lanterneau ajustable : pour le confort des jeunes animaux
- 65 Un type de faîtage particulier : Ubak
- 65 La toiture en toit d'usine
- 65 Les options techniques à éviter

**67** LES RELAIS DE VENTILATION : UNE NÉCESSITÉ POUR LES BÂTIMENTS DE PLUS DE 20 M DE LARGE

- 67 Les écailles en toiture
- 68 L'ouverture libre grâce à un décalage de toiture
- 68 La toiture ventilée à fentes

**69** LES OUVERTURES VENTILANTES EN FAÇADE

- 69 Les ouvertures « libres »
- 70 Des entrées d'air protégées par des bardages fixes
- 73 Les entrées d'air modulables « classiques »
- 76 Des entrées d'air modulables grâce à des rideaux « mobiles » en longs-pans

**80** INSTALLER UN AUVENT POUR PROFITER DU SOLEIL L'HIVER ET ÉVITER LA SURCHAUFFE L'ÉTÉ**80** LE PILOTAGE AUTOMATISÉ DES RIDEAUX : PAS ENCORE SUFFISAMMENT FIABLE !

**PARTIE 5**

**83**

**Des bâtiments pour ruminants bien ventilés**

**84** LES TYPES DE BÂTIMENTS BIEN VENTILÉS POUR RUMINANTS ADULTES

- 84** Le portique bipente simple
- 84** Un portique avec un ou deux appentis
- 85** Le double portique ou deux bipentes accolés
- 85** Le triple portique ou trois bipentes accolés
- 86** La construction de plusieurs portiques distincts
- 86** Le bâtiment avec toiture en toit d'usine
- 86** Le bâtiment de type tunnel
- 86** Le bâtiment de type serre, à un ou plusieurs dômes

**87** POINTS SPÉCIFIQUES CONCERNANT LA VENTILATION DES LOGEMENTS DES JEUNES RUMINANTS

- 87** Les points communs à l'ensemble des jeunes ruminants
- 89** Cas des veaux laitiers logés séparément de leur mère
- 94** Cas des veaux allaitants logés avec leur mère après la naissance

**PARTIE 6**

**97**

**Les solutions pour améliorer le confort thermique des animaux en été**

**98** LA SENSIBILITÉ DES RUMINANTS AUX FORTES CHALEURS

- 98** L'impact du stress thermique sur les ruminants
- 99** Les moyens de défense des ruminants pour dissiper la chaleur

**99** LA MESURE DU STRESS CLIMATIQUE CHEZ LES VACHES LAITIÈRES

- 99** Le score de halètement
- 100** Le THI : Temperature Humidity Index
- 101** L'indice HLI : Heat Loaded Index
- 103** La mesure des vitesses d'air

**105** AMÉNAGER LES BÂTIMENTS D'ÉLEVAGE DE RUMINANTS POUR LIMITER LE STRESS THERMIQUE

- 105** Limiter le rayonnement des parois et de la toiture
- 106** Profiter de la ventilation naturelle
- 106** Créer des ouvertures modulables

**108** RECOURIR À LA VENTILATION MÉCANIQUE

- 108** Un objectif à atteindre : une homogénéité de confort dans le bâtiment
- 108** Les ventilateurs à flux horizontal
- 110** Les ventilateurs à flux vertical
- 111** Les gaines de ventilation : de l'air pulsé pour ventiler les zones de couchage
- 111** Brumisation et douchage
- 113** Combiner les solutions

**114** AUTRES SOLUTIONS TECHNIQUES POUR LUTTER CONTRE LE STRESS THERMIQUE

- 114** Matelas à circulation d'eau

**PARTIE 7****117****Assurer une bonne ambiance dans le bloc traite****118 BIEN RÉFLÉCHIR LE POSITIONNEMENT DU BLOC TRAITE**

- 118** Bloc traite connecté au logement des animaux
- 119** Bloc traite déconnecté du logement des animaux

**119 AMÉLIORER L'AMBIANCE DANS L'AIRE D'ATTENTE**

- 120** Cas des aires d'attente non intégrées au logement

**121 RENOUEVELER L'AIR EN SALLE DE TRAITE**

- 121** Prendre en compte le confort thermique
- 121** Aménager le bloc traite pour bénéficier d'une bonne ventilation

**122 ASSURER LE BON FONCTIONNEMENT ET LE BON VIEILLISSEMENT DU TANK À LAIT**

- 122** Bien positionner le tank à lait
- 122** Prolonger la vie des matériels

**124 POINTS SPÉCIFIQUES CONCERNANT LA TRAITE ROBOTISÉE****PARTIE 8****127****La ventilation dynamique des bâtiments d'élevage par extraction de l'air****128 LES PRINCIPES DE BASE DE LA VENTILATION DYNAMIQUE PAR EXTRACTION**

- 128** Les conditions de réussite de la ventilation dynamique
- 128** Les différentes techniques d'extraction de l'air
- 128** Détails d'une installation de ventilation dynamique avec extraction par cheminée en toiture

**131 LES DIFFÉRENTS TYPES D'ENTRÉES D'AIR**

- 131** Trappes et volets fixes sur mur
- 133** Réutilisation de bardages habituellement destinés à la ventilation naturelle
- 134** Volets ou trappes régulés
- 135** Des portes d'accès converties en entrées d'air réglables : caissons de ventilation
- 136** Les gaines d'entrée d'air

**136 LES DIVERS TYPES DE SORTIES D'AIR**

- 136** L'extraction par cheminées en toiture : la solution à privilégier
- 139** L'extraction directe par une paroi latérale : pour les installations anciennes
- 141** L'extraction par gaine

**144 LA DÉTERMINATION DES DÉBITS DE VENTILATION NÉCESSAIRES**

- 144** Points de repère pour calculer les débits d'extraction nécessaires
- 149** Estimation du débit nominal d'un ventilateur
- 149** Exemples de dimensionnement d'installations d'extraction d'air en bâtiment d'élevage

**153 LES PRINCIPES DE BASE D'UNE VENTILATION DYNAMIQUE PAR SURPRESSION**

- 153** Mode d'emploi
- 153** Conditions de mise en œuvre
- 153** Précautions

**PARTIE 9**

**155**

**Le pilotage de la ventilation naturelle ou dynamique**

- 156** LES RÉGLAGES À DISPOSITION DE L'ÉLEVEUR
- 156 La température de consigne
  - 156 La plage de température ambiante
  - 157 Le pourcentage minimum
  - 157 Le pourcentage maximum
- 158** LE RÉGLAGE DES PARAMÈTRES
- 158 Des recommandations générales pour les jeunes ruminants
- 160** DES RECOMMANDATIONS PRATIQUES COMPLÉMENTAIRES
- 160 La sonde de température
  - 160 Le pilotage distinct de plusieurs zones ou salles
  - 161 Des réglages automatisés pour une bande d'animaux en engraissement
- 162** À L'AVENIR, UNE RÉGULATION SUR D'AUTRES PARAMÈTRES QUE LA TEMPÉRATURE
- 162 La teneur en CO<sub>2</sub>
  - 162 L'humidité relative (l'hygrométrie)
  - 163 La teneur en gaz ammoniac

**PARTIE 10**

**165**

**Le diagnostic de ventilation d'un bâtiment, pour y voir plus clair !**

- 166** LA MÉTHODE DE DIAGNOSTIC DE VENTILATION
- 166 Phase 1 : préparer sa visite
  - 166 Phase 2 : dialoguer avec l'éleveur et/ou le vétérinaire
  - 167 Phase 3 : prendre le temps de l'observation
  - 168 Phase 4 : formuler des hypothèses
  - 169 Phase 5 : vérifier les hypothèses
  - 169 Phase 6 : élaborer un plan d'action avec l'éleveur
- 169** LES MESURES À RÉALISER LORS D'UN DIAGNOSTIC DE VENTILATION EN PÉRIODE HIVERNALE
- 169 Les dimensions du bâtiment et l'observation des animaux
  - 170 Les dimensions des ouvertures ventilantes
  - 171 Les mesures des vitesses d'air
  - 171 L'observation des circuits d'air et du renouvellement de l'air par le biais de fumigènes
  - 171 La mesure du taux de CO<sub>2</sub>
  - 173 Les mesures de température et d'hygrométrie
  - 175 La mesure du taux d'ammoniac
- 175** LES MESURES À RÉALISER LORS D'UN DIAGNOSTIC DE VENTILATION EN PÉRIODE ESTIVALE
- 176 Les observations à réaliser
  - 176 Le score de halètement
  - 177 Les mesures climatiques à réaliser à l'intérieur du bâtiment
  - 178 Calcul du HLI (Heat Loaded Index) et interprétation
  - 178 Les mesures de vitesses d'air
  - 179 Conseils suite au diagnostic

- 179** LE DIAGNOSTIC DE VENTILATION D'UN BÂTIMENT ÉQUIPÉ D'UNE VENTILATION DYNAMIQUE
- 179** Étape 1 : observer l'environnement du bâtiment
  - 179** Étape 2 : observer l'intérieur du bâtiment
  - 179** Étape 3 : vérifier l'étanchéité du bâtiment
  - 180** Étape 4 : vérifier les entrées d'air
  - 180** Étape 5 : vérifier si l'équipement en extracteurs est conforme aux besoins de ventilation
  - 180** Étape 6 : analyser les trajets de l'air et son renouvellement
  - 180** Étape 7 : vérifier les débits réels des extracteurs
  - 181** Étape 8 : vérifier la vitesse minimale de réglage

## 183 Annexes

### 184 ANNEXE 1

Recommandations dimensionnelles pour les aires de vie des ruminants

### 187 ANNEXE 2

Ambiance du bâtiment et qualité du lait en élevage de vaches laitières

### 193 ANNEXE 3

Une ambiance bien maîtrisée pour limiter les maladies respiratoires

### 197 ANNEXE 4

Les dispositifs brise-vent

## 203 Lexique