

Diplôme : BTSA « Productions animales »

**Module : M 53
Biologie, chimie et statistiques liées aux productions
animales**

**Objectif général du module :
Acquérir et consolider les connaissances scientifiques
permettant de conduire un processus d'élevage**

Indications de contenus, commentaires,
recommandations pédagogiques

**Objectif 1 : Acquérir et consolider les connaissances biologiques nécessaires à la
compréhension des techniques d'élevage**

Il est recommandé de réaliser l'intégralité des enseignements de biologie de ce module en première année afin de favoriser l'articulation avec les enseignements de zootechnie qui s'appuient sur les notions étudiées en biologie.

L'enseignement de biologie dans ce module doit faire une large place aux études concrètes et aux analyses de documents : elles doivent conduire l'étudiant à observer, analyser et interpréter des données pour dégager des notions essentielles et modéliser des fonctionnements.

Une dissection effectuée dans les conditions de sécurité réglementaires permet de visualiser dans l'espace l'organisation générale d'un mammifère et les principaux appareils étudiés dans ce module. Elle permet également de parfaire la technique de dissection et d'évoquer les autopsies et la rigueur gestuelle qu'elles requièrent.

Le recours à des maquettes permet de compléter les observations et de réaliser les comparaisons entre espèces sans multiplier le nombre de dissections.

Les travaux pratiques d'histologie et l'observation d'électronographies permettent d'approfondir les observations au niveau des tissus et des cellules.

Les observations réalisées, en particulier aux différents niveaux d'organisation, permettent de mettre en relation structures et fonctions.

Objectif 1.1 - Approfondir les connaissances anatomiques et physiologiques relatives à la digestion des animaux d'élevage en vue de la maîtrise de leur alimentation

Au cours de cette étude anatomique et physiologique, montrer qu'il existe des points communs chez les différentes espèces étudiées, mais aussi des spécificités liées aux régimes alimentaires (par exemple, fermentations dans le rumen des ruminants et dans le caecum des chevaux, adaptation à une alimentation plus ou moins riche en énergie chez le cheval, cæcotrophie chez le lapin...).

Décrire l'organisation du tube digestif, des glandes annexes et leurs relations. Étudier en particulier l'histologie fonctionnelle de l'intestin grêle, du pancréas et du foie.

Décrire les mécanismes de la digestion chez le porc. Les approfondissements concernent principalement les aspects chimiques, en particulier les complémentarités enzymatiques dans les différents compartiments du tube digestif. La notion de proenzyme est abordée pour montrer que l'enzyme devient active quand les tissus sont protégés.

Décrire la digestion biologique chez les ruminants : conditions physicochimiques dans le rumen, microorganismes du rumen et mécanismes fermentaires (production d'acides gras volatils), masse microbienne source des protéines digestibles dans l'intestin : PDIM. Évoquer des conséquences de perturbations dans le rumen (météorisation, acidose). Préciser les lieux d'absorption et les molécules absorbées sans aborder les mécanismes cellulaires.

Objectif 1.2 - Étudier les mécanismes d'utilisation des métabolites en relation avec la production d'énergie et la synthèse de produits

Les caractéristiques de la molécule d'ATP (structure, propriétés, couplages énergétiques) sont dégagées au cours de l'étude.

Production d'énergie à partir du métabolisme oxydatif en milieu aérobie (nature des métabolites [glucose, acides gras...], mécanismes [glycolyse, cycle de Krebs, chaînes respiratoires, hélice de Lynen], localisation dans les compartiments cellulaires), et à partir de fermentations en milieu anaérobie. Comparer les rendements énergétiques de la respiration et de la fermentation.

Le principe des réactions, les carrefours métaboliques, les bilans énergétiques importent davantage que le détail des réactions et des cycles.

Les notions générales relatives à l'oxydoréduction sont abordées en chimie dans l'objectif 2.1. L'importance des enzymes allostériques est néanmoins soulignée dans la régulation des voies métaboliques.

L'utilisation des métabolites pour les biosynthèses doit être mise en relation avec les productions animales ; le cas de la sécrétion du lait dans le lactocyte s'y prête particulièrement bien :

Biosynthèses glucidiques : origine du glucose (glycogénolyse, néoglucogenèse, acides gras volatils), synthèse du lactose.

Biosynthèse lipidique : origine des acides gras (tissu adipeux, acides gras volatils, corps cétoniques), synthèse des triglycérides.

Biosynthèse des protéines : origine des acides aminés (indispensables et non indispensables, sans détailler la filiation des acides aminés), étapes et localisation cellulaire de la protéosynthèse, diversité des rôles des protéines fabriquées en lien avec les besoins du programme (hormones, enzymes, protéines musculaires...).

Objectif 1.3 - Approfondir les connaissances anatomiques et physiologiques relatives à la reproduction des animaux d'élevage

Ce chapitre est mis à profit pour approfondir des connaissances en endocrinologie : nature biochimique des hormones, mode d'action sur les cellules cibles, rythmes de sécrétion (sans oublier l'importance de la mélatonine), régulation, intégration neuroendocrinienne.

Décrire les appareils reproducteurs mâle et femelle en s'appuyant sur la dissection réalisée. Des coupes de testicule – épididyme, d'ovaires (avec follicules et corps jaune), d'utérus (à 2 phases différentes du cycle), de mamelle (avec acini en activité et au repos) font l'objet d'une étude histologique.

Étudier la physiologie de l'activité sexuelle continue chez le mâle et de l'activité sexuelle cyclique chez la femelle (gamétogenèse et régulation hormonale). Présenter les étapes de la fécondation et préciser les incidences hormonales sur le cycle sexuel.

À partir de données anatomiques et des structures histologiques observées, étudier la physiologie de la glande mammaire : mammogénèse, fabrication du lait en relation avec l'objectif 1.2, régulation hormonale de la production et de l'éjection du lait.

Objectif 1.4 - Acquérir et consolider les connaissances d'immunologie nécessaires au maintien d'un bon état sanitaire du troupeau

Choisir si possible des exemples du domaine professionnel au cours de l'étude de cet objectif.

Approfondir la notion du soi : marqueurs moléculaires et gènes du complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) et du non-soi : antigènes (dont bactéries, virus, substances allergènes, parasites, soi modifié...).

Présenter les acteurs de l'immunité (organes lymphoïdes, principales cellules et molécules de l'immunité) en relation avec les processus immunitaires mis en jeu (sélection clonale des cellules immunocompétentes, immunité innée et immunité acquise, coopération cellulaire).

Présenter les aides à la réponse immunitaire (sérothérapie, immunothérapie) à la lumière des connaissances scientifiques relatives à l'immunité.

Objectif 2 : Appliquer les lois de l'oxydoréduction aux productions animales

Même si la chimie a toute sa place, en tant que discipline à part entière, dans la formation d'un futur technicien spécialisé dans le domaine des productions animales, elle doit, ici, surtout lui permettre de mieux appréhender tous les processus liés au monde du vivant. C'est pour cela que les lois qui seront exposées, seront appliquées uniquement dans ce domaine.

Les notions d'oxydoréduction dans les milieux biologiques sont souvent complexes et il est important d'en maîtriser les bases pour comprendre les processus mis en jeu. Néanmoins on s'attache à simplifier les concepts tout en les présentant de façon explicite. Il n'est pas utile d'aborder les couples d'oxydoréduction ion métallique/métal ainsi que les réactions liées à ces couples avec un acide.

On ne détaille pas la classification quantitative des couples. L'objectif est de savoir l'appliquer (avec ou sans apport d'énergie).

Objectif 2.1 : Appliquer les concepts fondamentaux de l'oxydoréduction

Rappeler les définitions générales d'oxydoréduction. Ecrire une équation. Utiliser les potentiels de couples organiques (Exemples : $\text{NAD}^+/\text{NADH}_2^+$, acide pyruvique/acide lactique...) pour prévoir le sens de réactions d'intérêt biologique.

On peut aborder la réduction d'une liaison C=O, l'oxydation ménagée de composés organiques : oxydation de l'éthanol, de l'acide lactique ... ; réduction du diazote en ammoniac (dans les nodules des Fabacées).

Faire le lien avec les écritures utilisées en biologie pour écrire les réactions. Aborder l'aspect énergétique dans la chaîne respiratoire.

Objectif 2.2 - Mettre en œuvre l'analyse d'une matière première par oxydoréduction

Cette mise en œuvre est uniquement expérimentale.

On recommande de réaliser deux TP.

On peut s'appuyer sur des dosages directs, indirects ou en retour tels que :

Dosage de la vitamine C par iodométrie.

Dosage des nitrates par la méthode de Leithe.

Objectif 3 : Maîtriser les propriétés physico-chimiques des biomolécules dans le domaine des productions animales

Il ne s'agit pas ici de développer un cours de biochimie structurale. Il n'est pas nécessaire de connaître de façon détaillée la classification (il faut éviter les classifications de type « catalogue ») mais il est important de savoir repérer les biomolécules utiles aux productions animales.

Objectif 3.1 - Préciser le rôle des triglycérides et des phospholipides dans la matière première et l'alimentation

Présenter les acides gras (AG), les acides gras volatils (AGV), les acides gras insaturés (AGI), les acides $\omega 3$ et $\omega 6$, certains triglycérides. Exiger la nomenclature $\text{C}_{n:m} \Delta^{a,b,c \dots}$ et la dénomination ωX .

Mentionner les AGI cis et trans (d'origine industrielle et naturelle : exemple de l'acide ruménique dans le lait).

Expliquer l'état physique d'un triglycéride en lien avec sa formule chimique. Ex : huile liquide et beurre solide à température ordinaire (c'est l'occasion d'aborder les températures de fusion et d'ébullition de ces molécules).

Aborder l'aspect énergétique des triglycérides.

Expliquer les propriétés chimiques des phospholipides en lien avec leur structure. Identifier à partir d'une formule donnée (sans exiger la mémorisation de cette formule) les différentes parties (hydrophobe et hydrophile) d'un phospholipide. Ex : propriétés émulsifiantes des lécithines, molécules de la membrane cellulaire.

Déterminer les indices d'iode et/ou de saponification et/ou d'acidité appliqués aux huiles, au beurre, au saindoux... (1 ou 2 TP). Déterminer le taux butyreux de produits laitiers par la méthode Gerber (1 TP).

Remarque : on pourra aussi aborder les propriétés du cholestérol.

Objectif 3.2 - Expliciter les propriétés de certains glucides simples et complexes pour l'animal

On exige uniquement la mémorisation du glucose en représentation de Haworth et en projection de Fischer.

La notion de combustion et de fermentation du glucose est abordée simplement. En concertation avec la biologie on expose les fermentations se produisant dans le rumen (formation d'acides en C2, C3 et C4 suivant le régime alimentaire). Ex : alimentation trop riche en glucide cytoplasmique (glucose et amidon) chez le ruminant qui entraîne une fermentation lactique aboutissant à des acidoses.

On évoque quelques glucides simples : ribose, désoxyribose, galactose, fructose sans exiger la mémorisation de ces molécules. Le saccharose et le lactose sont présentés.

Dosage du lactose par la méthode Luff-Schoorl, par la méthode Bertrand.

On se limite à la reconnaissance (formules et tests) des polymères suivants : cellulose, amidon et glycogène, et à leur présence dans les milieux ou tissus biologiques.

On aborde la solubilité et la digestibilité de ces molécules.

On insiste sur les fermentations, on aborde la notion de glucides pariétaux.

Objectif 3.3 - Distinguer la structure et le rôle des différents protides dans un milieu biologique

Plusieurs pistes sont possibles pour aborder ces notions : présenter les réactions affectant les acides aminés dans le métabolisme (désamination oxydative, décarboxylation...) ou de comprendre les propriétés des protéines et leurs applications en étudiant un milieu (le lait par exemple).

Exiger la formule générale d'un acide aminé. Aborder la notion d'acides aminés indispensables et non indispensables.

Etablir la structure primaire d'un peptide à partir de sa formule semi-développée.

Distinguer les structures primaire, secondaire (se limiter à l'hélice α : ancrage des protéines dans la membrane cellulaire) et tertiaire des protéines.

Etablir le caractère hydrophile et hydrophobe d'un segment protéique à partir de sa structure primaire.

Reconnaitre des protéines globulaires, des protéines de structure. Aborder la notion d'enzyme (spécificité, sites actifs...), leur rôle, les facteurs influençant l'activité enzymatique.

Les exemples de protéines sont choisis en fonction de leur intérêt biologique et zootechnique (protéines de la viande, des poissons, des œufs, des laits...). Notions de matières azotées totales (MAT).

Les dosages possibles sont : dosage de l'azote total par la méthode Kjeldahl sur les œufs ou la viande ou ensilage ... (1 TP), électrophorèse (1 TP), catalyse enzymatique (lactate déshydrogénase ou LDH) (1 TP).

On peut évoquer le rôle essentiel de l'urée et de l'ammoniac dans le domaine des productions animales.

Objectif 4 : Mettre en œuvre une démarche statistique pour exprimer, valider, interpréter et utiliser des résultats du domaine des productions animales

Traiter des données issues d'expérimentation et d'enquêtes

Le traitement de données statistiques dans le domaine des productions animales peut être valorisé dans le cadre de la préparation du projet professionnel de l'élève. Ce projet peut prendre la forme de la conduite et de l'exploitation d'une enquête ou d'une expérimentation.

Le tableur informatique et la calculatrice sont des outils indispensables à la fois pour introduire les nouvelles notions mais aussi pour traiter les exemples d'application. En particulier certains logiciels constitués de macro instructions d'un tableur sont des outils efficaces. Des logiciels spécifiques de traitement de données peuvent également être utilisés.

Définir les unités statistiques et les différents caractères à partir de données issues du domaine des productions animales afin de les exploiter

Avant toute collecte de données, trois aspects sont à considérer : Le premier aspect consiste à préciser la raison de cette collecte et l'objectif recherché. Le deuxième aspect est de déterminer les variables utiles. Enfin le dernier aspect porte sur le choix de la méthode de collecte des données. Les individus peuvent être pris au hasard ou de façon raisonnée suivant les contraintes matérielles ou les objectifs poursuivis.

On veille à présenter les données sous forme de tableaux individus, variables. Une ligne du tableau correspond à un individu et une colonne à une variable. Il est important de sensibiliser les étudiants à identifier l'individu statistique. Certaines applications exigent une précision rigoureuse ne laissant place à aucune ambiguïté. Par exemple dans le cadre d'une expérimentation destinée à comparer la tendreté de la viande de trois races bovines allaitantes, on a constitué trois lots de six bœufs par race dans des conditions homogènes. Après abattage des dix huit bœufs, on a prélevé sur chacun d'entre eux quatre morceaux de viande dont on a mesuré la tendreté. Cette étude peut être traduite par un tableau de données où l'individu est alors le morceau de viande.

Un codage numérique des variables qualitatives permet de les intégrer dans le tableau individus variables et de les prendre en considération lors du traitement et de l'interprétation des données. Lors de la préparation d'une enquête, il est indispensable de construire simultanément un questionnaire et un tableau individus, variables.

Mesurer la validité d'un modèle : ajustement à une distribution théorique

Le test de référence est le test du khi deux d'ajustement. On l'introduit par un exemple simple où les différentes probabilités sont données a priori. On s'assure que les effectifs théoriques sont au moins égaux à 5. Dans le cas contraire certains regroupements judicieux sont effectués. Dans certaines situations la moyenne ou la variance peuvent être connues, ce qui entraîne certaines précautions dans la détermination du nombre de degrés de liberté.

Maîtriser la variabilité d'une production, intervalle de confiance d'une variance, conformité d'une variance.

Un intervalle de confiance et le test de conformité sont construits à partir de la variable aléatoire $\frac{nS^2}{\sigma^2}$. On veille à attirer l'attention sur la non symétrie de cet intervalle.

Comparer deux méthodes d'analyse d'échantillons par paires

Les étudiants doivent être capables d'identifier une situation conduisant à ce test. La différence avec le test de Student d'égalité de deux moyennes provient du fait que les deux variables initiales ne peuvent être supposées indépendantes.

Comparer deux populations : test non paramétrique dit test de Mann -Whitney

Dans le cas d'échantillons indépendants, le test de Mann-Whitney permet de comparer deux populations. Les deux séries de valeurs sont mélangées puis ordonnées par valeurs croissantes. On identifie alors les rangs des individus du premier groupe et on calcule la somme des rangs de ces individus. Ce test est souvent retenu lorsque les tailles des échantillons sont faibles.

Apprécier la dépendance linéaire de deux variables quantitatives

On effectue un test du coefficient de corrélation ou du coefficient de détermination.

Apprécier l'effet d'un facteur sur une grandeur quantitative : analyse de variance

L'analyse de variance à un facteur est explicitée au moyen d'un exemple simple. Le cas de deux facteurs peut être envisagé. Les résultats sont issus d'un traitement informatique. Aucun développement théorique n'est envisagé. Les conditions de validité de l'analyse sont vérifiées.

Interpréter des données multifactorielles : analyse en composantes principales, classification hiérarchique

L'analyse en composantes principales est introduite à partir de l'étude de trois variables. Une présentation géométrique est alors possible. Lorsque les variables sont de type différent, une réduction est nécessaire. On veille à donner une interprétation des axes principaux en fonction des variables étudiées. Il est indispensable d'apprécier la qualité globale de représentation dans le plan principal en prenant en considération le pourcentage d'inertie expliquée. Cette démarche doit être systématique pour la représentation de chaque individu. Tout développement théorique est exclu.

La classification hiérarchique ascendante consiste à construire un arbre en regroupant les individus les plus proches selon des critères de distances. Les distances retenues sont les distances euclidiennes. Un exemple simple permet d'introduire le principe de la méthode. Un traitement informatique est ensuite envisagé. Cette méthode est complémentaire d'une analyse en composantes principales. Les deux méthodes peuvent être menées en parallèle sur un même ensemble de données. Il est alors intéressant de repérer les aspects similaires ressortant de ces deux analyses.

L'analyse factorielle des correspondances peut être envisagée pour le dépouillement d'enquêtes. Elle est présentée comme une analyse en composantes principales particulière. L'interprétation des sorties graphiques doit faire l'objet des mêmes préoccupations que dans le cas d'une ACP.

Activités pluridisciplinaires 24 heures « élève » pour M 53 et M 54)

1) Exemples de transformations dans les productions animales : lait, muscle, sang, œuf, travail (physiologie de l'effort chez le cheval).

12 heures : biologie écologie (9 h), chimie (9 h), zootechnie (6 h)

2) Réalisation d'un exercice de dimension professionnelle depuis la mise en forme des données jusqu'à l'interprétation élémentaire et multidimensionnelle des résultats.

6 heures : mathématiques (6 h), zootechnie (6 h)

3) Etude de (deux) thèmes se rapportant à l'amélioration génétique, à la reproduction ou à la santé animale.

6 heures : biologie écologie (6 h), zootechnie (6 h)

Références documentaires ou bibliographiques pour ce module

Koolman, Röhm, *Atlas de poche de biochimie*. Médecine – Sciences. Flammarion. 3^e édition. 2004. 478 p. ISBN 2-257-13114-2

Salgarolo, *Pratique des manipulations de chimie à l'usage des biologistes*. Editions Tec et doc. 2003. 363 p. ISBN 2-9504330-2-2.

Drogoul, Gadoud, *Nutrition et alimentation des animaux d'élevage*. Educagri éditions. 2004. 270 p. ISBN 2-84444-346-x.

Le Maréchal Jean François, Gariel Marie Alice, *L'initiation à la biochimie comme cours transversal de formation des enseignants de sciences physiques*. BUP, janvier 2009, N° 910, p. 3-17.

Gavrilovic M. et al., *Manipulations d'analyse biochimique - -Doïn Ed. (Collection bioscience et technique), 1992*
Contrôle de la qualité des produits alimentaires: laits et produits laitiers, analyses physico-chimiques (recueil de normes) -Afnor, 1993

Oddou Stéphane, *La chimie : En classe de technicien supérieur*. Vuibert, 2007. 372 p. ISBN : 9782711789702
Plummer T. David, *Introduction aux techniques de biochimie*. Mc Graw Hill, 1989. 331 p. ISBN 2-7042-1202-3
Audigié, Dupont, Zonszain, *Principes des méthodes d'analyse biochimique Tome 1*. Doin éditeurs Paris, 1995. 190 p.
Collection biologie appliquée. ISBN 2-7040-0416-1
Audigié, Dupont, Zonszain, *Principes des méthodes d'analyse biochimique Tome 2*. Doin éditeurs Paris, 1995. 144 p.
Collection biologie appliquée. ISBN 2-7040-0431-5
Voet D., Voet J.G., *Biochimie*, De boeck Université, 2005. 1583 p. ISBN 2-8041-4795-9
Weil, *Biochimie générale*. Dunod, 2005. 726 p. ISBN 2-10-049298-5