

# BIOCHIMIE

## CLASSE DE TERMINALE

Cours : (3 heures de cours hebdomadaires)

Arrêté du 16 novembre 1996

(BO hors série n° 7 du 28 novembre 1996)

### A. Objectifs

Cet enseignement doit s'efforcer :

– de mettre en évidence les caractéristiques structurales des composés biochimiques étudiés afin de faciliter la compréhension de leur nomenclature, de leur classification et des principes des technologies biochimiques mises en œuvre pour leur préparation et leur analyse ;

– de faire comprendre les transformations chimiques qui se déroulent au sein de la matière vivante, leurs finalités et leurs interrelations ;

– de dégager les principes des technologies biochimiques sur la préparation et l'analyse du matériel biologique et de prolonger ainsi ou de renforcer les connaissances acquises en classe de première ;

– de contribuer à l'acquisition d'objectifs communs à toutes les disciplines scientifiques : acquisition d'une démarche scientifique, logique du raisonnement, rigueur de l'écriture et de l'expression scientifique.

### B. Programme et compétences attendues

PROGRAMME	COMPÉTENCES ATTENDUES
-----------	-----------------------

#### 1. Biochimie structurale

##### 1.1. Les glucides

##### 1.1.1. Oses

– Glucose : structure et propriétés.

Etablir la structure du glucose en liaison avec l'étude de ses propriétés physiques et chimiques.

Définir les formes pyraniques  $\alpha$  et  $\beta$  et les formes furaniques du glucose.

Décrire les propriétés du glucose en privilégiant celles qui ont un intérêt analytique.

– Classification des oses.

Présenter les critères de la classification des oses.

– Principaux oses : galactose, fructose, ribose.

Comparer les structures du galactose, du fructose, du ribose à celles du glucose.

– Dérivés d'oses.

PROGRAMME	EXIGENCES, COMMENTAIRES
-----------	-------------------------

Préparation.

Dérivés caractéristiques d'alcools, cétones, acides.

Produits d'oxydation d'un alcool.

Produits usuels.

## II. PHYSIQUE

### 1. Optique

Etude de la déviation par un prisme.

Principe et utilisation d'un réfractomètre.

Etude des lentilles.

Puissance et grossissement d'un microscope.

Etalonnage d'un spectroscopie à prisme ou à réseau : mesure des longueurs d'onde.

Principe et utilisation d'un photomètre de flamme.

Principe et utilisation d'un spectrophotomètre.

Principe et utilisation d'un polarimètre.

Utilisation d'un capteur optoélectronique.

Savoir qu'il permet de transformer une grandeur optique en signal électrique. Il s'agit de donner quelques indications sur le composant, à l'exclusion de toute étude de sa structure et de son fonctionnement interne.

### 2. Energie

Calorimétrie : mesure de capacité thermique massique et d'enthalpie de réaction.

PROGRAMME	COMPÉTENCES ATTENDUES
1.1.2. Osides – Liaison osidique.	Définir la liaison osidique. Présenter des exemples diversifiés de liaison osidique combinant divers oses et impliquant soit deux hydroxyles hémiacétali-ques, soit un hydroxyle hémiacétalique avec un hydroxyle alcoolique. Repérer à l'aide d'arguments expérimentaux les hydroxyles participant à la liaison osidique.
– Classification des osides.	Dégager les critères de la classification des osides.
– Principaux diholosides : saccharose, lactose, maltose	Inventorier les principaux diholosides et polyholosides en indi-quant leurs oses constitutifs, la nature de la liaison osidique et leurs propriétés essentielles.
– Principaux polyholosides : amidon, glycogène, cellulose.	Mettre en évidence les relations entre structures et propriétés. Indiquer la répartition des diholosides et polyholosides étudiés dans le monde vivant en évoquant sommairement leur rôle.
– Hétérosides : exemples.	Définir les hétérosides. Donner un exemple simple d'hétéroside
1.1.3. Méthodes d'analyse des glucides : – Extraction, fractionnement et purification, identification et dosage : méthodes phy-siques, chimiques, photométriques, chroma-tographiques, enzymatiques.	En relation avec les propriétés physiques et chimiques décrites et les exposés préparatoires aux travaux pratiques technolo-giques, préciser les principes, l'intérêt et les limites des méthodes d'extraction, de fractionnement, de purification, d'identification et de dosage appliqués aux glucides
1.2. Les lipides	
1.2.1. Définition des lipides	Dégager les caractères physiques communs aux lipides.
1.2.2. Classification des lipides	Donner les bases de la classification chimique des lipides. Définir la notion d'insaponifiable.
1.2.3. Constituants des lipides : – acides gras naturels : structure, exemples et propriétés ;	Décrire les caractéristiques des acides gras naturels. Donner leur classification en fonction de leur degré d'insatura-tion et illustrer par des exemples. Présenter les propriétés physiques et chimiques des acides gras en privilégiant celles qui ont un intérêt analytique.
– glycérol.	Décrire la structure et les principales propriétés physiques et chimiques du glycérol : miscibilité à l'eau, estérification, déshy-dratation.
1.2.4. Principaux groupes de lipides a) Lipides simples ou homolipides – glycérides : structure, propriétés et réparti-tion ;	Présenter la structure générale des glycérides et les propriétés phy-siques et chimiques en privilégiant celles qui ont un intérêt analy-tique ou industriel : état, solubilité, hydrolyse et saponification, addi-tion d'hydrogène ou d'halogène, rancissement et siccativité. Citer des applications analytiques ou industrielles : extraction des lipides, détermination des indices d'acide, de saponifica-tion et d'iode, fabrication de savons, protection contre le ran-cissement...
– stérides.	Définir les stérides
b) Lipides complexes ou hétérolipides : léci-thines et myélines	Situer lécithines et myélines dans la classification des lipides complexes : glycérophosphatides et sphingolipides.
c) Lipides isopréniques : – cholestérol ; – acides biliaires ;	Définir un lipide isoprénique. Préciser le rôle biologique du cholestérol.

PROGRAMME	COMPÉTENCES ATTENDUES
– vitamines D ; – hormones stéroïdes.	Indiquer succinctement les rôles biologiques des acides biliaires, des vitamines D et des hormones stéroïdes.
1.2.5. Les architectures moléculaires lipo-protéiques a) les lipoprotéines : – constitution et structure ; – classification.	Schématiser la structure d'une lipoprotéine en identifiant ses principaux constituants lipidiques et protéiques.
b) les membranes biologiques	Schématiser la structure des membranes biologiques en fai-sant apparaître leurs différents constituants, en signalant la fluidité de l'agencement des molécules constitutives et en dégageant l'importance des membranes dans la compartimen-tation cellulaire
1.2.6. Méthodes d'analyse des lipides : – extraction, fractionnement et purification ; – identification et dosage : indices, chromatographies, méthodes chi-miques, méthodes photométriques, méthodes enzymatiques	En relation avec les propriétés décrites et les exposés prépara-toires aux travaux pratiques technologiques, préciser les prin-cipes, l'intérêt et les limites des méthodes d'extraction, de purification, d'identification et de dosage appliquées aux lipides.
<b>2. Enzymologie</b>	
2.1. Catalyse enzymatique – Définition. – Caractéristiques générales : spécificité, réversibilité.	Définir la catalyse enzymatique. Dégager, à l'aide d'exemples, ses caractéristiques générales : spécificité et réversibilité.
2.2. Nature biochimique et structure des enzymes	Montrer, à l'aide d'arguments expérimentaux, la structure pro-téinique des enzymes. Souligner l'importance de la structure conformationnelle des enzymes dans le maintien de leur activité biologique. Définir site catalytique et site de fixation. Signaler l'existence de formes précurseurs d'enzymes (proen-zymes).
2.3. Cinétique de la réaction enzymatique – Vitesse initiale.	Exploiter des résultats expérimentaux d'une cinétique à un sub-strat pour définir la vitesse initiale d'une réaction enzymatique et ses variations en fonction de la concentration en substrat et en enzyme. Définir graphiquement la constante cinétique $V_{max}$ . Exploiter l'équation de Michaelis-Menten pour définir mathé-matiquement les constantes cinétiques $V_{max}$ et $K_M$ . Utiliser un système de représentation graphique permettant de déterminer les constantes cinétiques.
– Influence des facteurs physiques : tempé-rature. pH.	Exploiter des résultats expérimentaux pour montrer l'influence des facteurs physiques sur les paramètres de la réaction enzy-matique.
– Définition et expression de l'activité enzy-matique.	Définir et donner les différents modes d'expression d'une acti-vité enzymatique.
– Effecteurs de la réaction enzymatique.	Exploiter des résultats expérimentaux pour définir la notion d'activation et d'inhibition et montrer sur quel(s) paramètre(s) ils peuvent agir.
– Isoenzymes	Définir les isoenzymes.

PROGRAMME	COMPÉTENCES ATTENDUES
<p>2.4. Coenzymes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractères généraux.</li> <li>- Groupements prosthétiques et cosubstrats.</li> <li>- modes d'action</li> <li>- principaux coenzymes</li> </ul>	<p>Présenter la notion de coenzyme.</p> <p>Différencier groupements prosthétiques et coenzymes transporteurs (cosubstrats).</p> <p>Décomposer la structure du NAD<sup>+</sup> et du NADP<sup>+</sup> et justifier leur appellation.</p> <p>Illustrer les modes d'action des coenzymes par quelques exemples : NAD<sup>+</sup>, coenzyme A, groupements ferro-porphyriniques des cytochromes.</p> <p>Inventorier et classer les différents coenzymes qui seront utilisés dans le cours sur le métabolisme.</p>
2.5. Classification des enzymes	Indiquer les différents critères de classification des enzymes.
2.6. Applications de l'enzymologie	
2.6.1. Les techniques utilisées	Décrire succinctement le principe des techniques utilisées.
Techniques immuno-enzymatiques	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Électrodes à enzymes.</li> <li>• Enzymes fixées.</li> </ul>	
2.6.2. Applications analytiques	Donner des exemples de différentes applications analytiques et industrielles mettant en œuvre les techniques utilisées.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosages enzymatiques de métabolites.</li> <li>• Détermination d'activités enzymatiques.</li> </ul>	Préciser différents types de détermination d'activité enzymatique et de dosage de substrats : méthodes directes et méthodes couplées, méthodes cinétiques, méthode « deux points » et méthode « point final ».
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification de biomolécules.</li> </ul>	
2.6.3. Applications industrielles	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industries agroalimentaires.</li> <li>• Industries chimiques et pharmaceutiques.</li> </ul>	
<b>3. Le métabolisme énergétique</b>	
3.1. Énergétique des réactions biochimiques	
Les différents types trophiques	Définir phototrophie et chimiotrophie, autotrophie et hétérotrophie.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxydations cellulaires et production d'énergie.</li> <li>- Couplages énergétiques.</li> <li>- Composés riches en énergie.</li> </ul>	Donner la définition d'une réaction exergonique et d'une réaction endergonique.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formation des composés riches en énergie : couplages chimio-chimiques (phosphorylation au niveau du substrat) et couplages chimio-osmotiques (chaîne mitochondriale de transport d'électrons).</li> <li>- Utilisation de l'ATP : exemple.</li> </ul>	<p>Définir une « liaison riche en énergie » et donner des exemples montrant la diversité des composés cellulaires, notamment les composés phosphorylés, à vocation énergétique.</p> <p>Montrer le rôle de l'ATP dans le transfert de l'énergie.</p> <p>Décrire deux exemples de formation de l'ATP : réaction catalysée par la glyceraldéhyde-3 phosphate déshydrogénase et chaîne mitochondriale de transport d'électrons.</p> <p>Décrire le couplage de l'hydrolyse de l'ATP avec un transport actif à travers la membrane (exemple de la pompe à sodium).</p>

PROGRAMME	COMPÉTENCES ATTENDUES
3.2. Production d'énergie : le catabolisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A partir de documents, établir le bilan global moléculaire et énergétique de la voie métabolique étudiée.</li> <li>- Sans exiger la mémorisation des formules, décrire les étapes énergétiques clés (consommation ou production d'ATP), les étapes produisant les coenzymes réduits, celles aboutissant à la formation de dioxyde de carbone.</li> <li>- Montrer l'articulation de chacune de ces voies avec les autres voies métaboliques.</li> <li>- Préciser la localisation cytoplasmique ou mitochondriale de chacune de ces voies.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Glycolyse.</li> </ul>	<p>Indiquer les étapes non réversibles de la glycolyse.</p> <p>Schématiser globalement l'articulation des métabolismes du glycogène et du glycérol avec la glycolyse.</p> <p>Signaler l'existence d'autres processus de dégradation du glucose en insistant sur la glucose-6-phosphate déshydrogénase, génératrice de NADPH.</p> <p>Définir les fermentations.</p> <p>Décrire la fermentation lactique et la fermentation alcoolique.</p> <p>Donner le bilan de la réaction catalysée par la pyruvate-déshydrogénase</p> <p><i>cf indicateurs communs</i></p> <p><i>cf indicateurs communs</i></p> <p><i>cf indicateurs communs</i></p> <p>Mentionner le rôle de la lipolyse adipocytaire et son contrôle hormonal par le glucagon et les catécholamines.</p> <p>Dresser le bilan énergétique du catabolisme aérobie d'une molécule de glucose et d'une molécule d'acide gras, complètement dégradées en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O.</p> <p>Récapituler sous forme de schéma la place de l'acétyl-coenzyme A dans l'ensemble du métabolisme hydrocarboné.</p> <p>À l'aide de documents fournis, montrer comment les navettes permettent le passage du NAD réduit dans la mitochondrie et le passage de l'acétylcoenzyme A dans le cytoplasme.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Devenir du pyruvate en anaérobiose ; fermentations.</li> <li>- Devenir du pyruvate en aérobose.</li> <li>- Cycle des acides tricarboxyliques.</li> <li>- Chaîne respiratoire.</li> </ul>	
Catabolisme des acides gras : $\beta$ -oxydation	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lipolyse.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Genèse et utilisation des composés cétoniques.</li> </ul>	
<b>4. Intégrations et régulations métaboliques</b>	
4.1. La régulation des flux métaboliques : les échanges membranaires.	<p>En liaison avec l'architecture moléculaire des membranes, récapituler les deux types de transport : canaux et transporteurs.</p> <p>Rappeler les différents types de mouvements de molécules à travers les membranes cellulaires : diffusion simple, diffusion facilitée, transport actif.</p> <p>Distinguer transport actif primaire et transport actif secondaire (cotransport).</p>
4.2. Intégration du métabolisme	<p>Faire un schéma récapitulatif des voies métaboliques intégrant la glycolyse, le cycle de Krebs, la <math>\beta</math>-oxydation et le métabolisme général des acides aminés.</p> <p>Situer sur un schéma général des voies métaboliques précédentes, les principales voies de mise en réserve de l'énergie : glucogénèse, néoglucogénèse.</p>

PROGRAMME	COMPÉTENCES ATTENDUES
	Dégager les carrefours-clés : glucose-6-phosphate, pyruvate et acétylcoenzyme A. Dégager les possibilités d'interconversion.
4.3. Régulations métaboliques	
4.3.1. Régulation de l'activité et de la biosynthèse des enzymes (rappels)	Cf cours de Première et cours d'enzymologie de Terminale.
4.3.2. Régulations hormonales : rôles de l'insuline, du glucagon et des catécholamines	Indiquer succinctement le rôle de l'insuline dans le métabolisme énergétique. Récapituler les effets du glucagon et des catécholamines sur la glycogénolyse, la glycogénogenèse, la lipolyse et la lipogenèse. Indiquer le rôle de l'AMP cyclique dans le mode d'action de ces hormones. Préciser l'action de ces hormones dans le cas du jeûne prolongé.

## C. Méthodologie

Ce programme s'articule autour de trois parties : biochimie structurale de biomolécules hydrocarbonées, enzymologie et métabolisme énergétique.

Comme en Première, la lecture du programme recommande d'aborder les principes des technologies biochimiques au fur et à mesure de l'étude des biomolécules. Des approches différentes peuvent évidemment être envisagées d'autant plus que ces technologies renforcent et complètent celles qui ont été envisagées en Première.

Les progressions des cours d'enzymologie et des travaux pratiques technologiques portant sur les enzymes doivent être harmonisées.

La complémentarité et l'interpénétration des disciplines impliquent comme en Première des pratiques parfois interdisciplinaires. Celles-ci peuvent revêtir différents aspects : référence à des prérequis ou à des applications enseignées dans les autres disciplines, harmonisation des progressions de chacune des disciplines, travail en équipe sur un thème scientifique ou technologique, travail en équipe sur l'élaboration d'objectifs transversaux de formation.

La méthode historique et l'histoire des idées, bien que moins intéressantes qu'en classe de première, peuvent parfois être utilisées.

Il convient également comme en première d'entraîner les élèves à la recherche bibliographique et à la consultation d'articles ou d'ouvrages. En liaison avec le CDI, il est possible d'initier les élèves aux techniques du résumé à partir de l'analyse d'un texte simple, article ou extrait d'ouvrage : résumé sous forme de texte rédigé, sous forme de schéma ou encore sous forme de plan détaillé. De la même façon il est intéressant de les initier aux techniques bibliographiques (identification et recherche d'articles ou d'ouvrages en vue d'une bibliographie, lecture ou rédaction d'une bibliographie).

Des exercices variés devront être proposés aux élèves : ils permettent soit d'introduire des concepts, soit d'étudier et de comprendre des applications technologiques.

Les compétences attendues sont des indicateurs d'évaluation qui précisent ce que l'on est en droit d'exiger des élèves. Il est évident que dans son enseignement, le professeur pourra aller au-delà de ces exigences à condition de rester à un niveau convenable.

Pour mieux cerner encore les limites des programmes, il paraît utile de suggérer la répartition suivante du contingent horaire annuel :

1. Biochimie structurale :	30 h
2. Enzymologie :	25 h
3. Le métabolisme énergétique :	20 h
4. Intégrations et régulations métaboliques :	15 h

## CLASSE DE TERMINALE

### Activités technologiques (enseignement par groupes d'atelier : 4 heures hebdomadaires)

Arrêté du 16 novembre 1996

(BO hors série n° 7 du 28 novembre 1996)

#### A. Objectifs

Entièrement dispensé au laboratoire, cet enseignement complète celui de la classe de première.

Il a pour objectifs :

- de former des techniciens capables de fournir des résultats fiables et reproductibles ;
- d'inculquer les références méthodologiques indispensables et de favoriser ainsi une meilleure insertion professionnelle et une plus grande adaptabilité aux évolutions technologiques ;
- de constituer, notamment en enzymologie, un support ou un prolongement de l'enseignement théorique ;
- de participer à la formation de l'esprit scientifique et au développement des aptitudes intellectuelles.

#### B. Programme

##### 1. Techniques de préparation, d'identification et de dosage de composés biologiques

###### 1.1. Techniques d'analyse appliquées à des solutions simples :

- Fractionnement et identification de sucres par chromatographie sur couches minces.
- Dosage des sucres par réductimétrie.
- Dosage des sucres par réfractométrie.
- Dosage des sucres par polarimétrie.
- Dosage des acides aminés par pH-métrie.
- Dosage des sucres par colorimétrie.

##### 1.2. Techniques enzymatiques

- Préparation d'un extrait enzymatique et purification partielle.
- Méthodes de mesure :
  - méthodes basées sur la mesure de la vitesse de disparition d'un substrat ;
  - méthodes basées sur la mesure de la vitesse d'apparition d'un produit ;
  - méthodes couplées à une réaction indicatrice utilisant le NAD oxydé ou réduit.
- Etudes cinétiques :
  - détermination de la vitesse initiale, des constantes cinétiques  $V_{max}$  et  $K_M$  ;
  - influence de la température, du pH et d'effecteurs chimiques.
- Applications au dosage d'un substrat (mesure en point final) et à la détermination d'une activité enzymatique.

##### 1.3. Initiation à l'analyse automatique

###### 1.4. Initiation au génie biologique

- Utilisation d'un bioréacteur « batch » : suivi de la concentration en substrat en fonction du temps (en relation avec la microbiologie).
- Utilisation d'enzymes fixées.

#### 2. Applications au contrôle de produits d'origine biologique ou de produits alimentaires

##### 2.1. Biochimie alimentaire

- Contrôle du traitement thermique du lait : dosage de la phosphatase alcaline.
- Analyse et dosage des composants d'un jus de fruits :
  - sucres ;
  - vitamine C.
- Détermination des indices d'acide, de saponification et d'iode d'un corps gras.

##### 2.2. Biochimie clinique : réalisation d'analyses constitutives d'un bilan sanguin

- Glucose.
- Cholestérol total.
- Triglycérides.
- Créatine Kinase totale.
- $Na^+$  et  $K^+$  par photométrie de flamme.

## C. Compétences attendues

### Fonction « Sécurité »

— Mettre en œuvre une méthode d'analyse « à priori » des risques liés à une manipulation ou à une activité :

- inventaire correct et exhaustif des produits utilisés (produits chimiques et biologiques) ;

- description des différentes catégories de risques encourus : risques chimiques, risques électriques, risques liés à l'utilisation de machines et d'appareils, risques biologiques.

— Mettre en œuvre une méthode d'analyse « à posteriori » des risques : analyse des incidents et accidents survenus dans des manipulations ou activités du même type et mise en évidence logique et argumentée de facteurs potentiels d'accidents.

— Répertorier les textes réglementaires, les normes, les recommandations, les « Bonnes Pratiques de Laboratoire », les règlements intérieurs qui s'appliquent à une manipulation ou à une situation donnée.

— Prévoir les mesures de sécurité conformes au diagnostic réalisé pour la manipulation ou l'activité envisagées.

— Prendre les mesures de sauvegarde adaptées en cas de dysfonctionnement et de danger : arrêt immédiat des appareils et des installations, neutralisation ou destruction ou évacuation des produits et des micro-organismes.

— Savoir donner l'alerte en cas d'accident.

— Savoir protéger du suraccident et transmettre l'alerte aux services de sauvetage-secours et de soins adaptés.

— Savoir intervenir en cas de brûlure par flamme ou de projections de produits corrosifs.

— Estimer les conséquences possibles sur l'environnement.

### Fonction « Préparation »

Exposer les principes des manipulations mises en œuvre.

Ecrire les équations chimiques fondamentales qui sous-tendent les principes.

A partir de l'analyse d'un protocole opératoire, justifier les différentes phases de ce mode opératoire.

Préparer un échantillon (méthodes de prélèvement et de conservation).

Préparer les produits et les réactifs nécessaires pour la mise en œuvre du protocole.

Étalonner les solutions titrantes.

Vérifier l'activité des enzymes utilisées.

S'assurer que les conditions opératoires sont correctement établies : paramètres physico-chimiques, catalyseurs....

Vérifier le fonctionnement des appareils.

Régler et étalonner les appareils (réglages de zéro, contrôles de linéarité, réglages du gain des enregistreurs, réglage du bruit de fond...).

### Fonction « Réalisation »

A partir d'un protocole opératoire donné, effectuer l'ensemble des opérations techniques de préparation et d'analyse du matériel biologique.

Choisir les matériels et les appareils les mieux appropriés aux opérations techniques envisagées.

Calculer les prises d'essais à effectuer.

Analyser un aléa d'exécution

Observer les mesures d'hygiène et de sécurité afférentes au protocole utilisé.

### Fonction « Évaluation et contrôle de qualité »

Contrôler la conformité des réactifs et des produits utilisés aux règles de conditionnement et de conservation.

Définir les critères de qualité d'une opération, le domaine de validation et les moyens de mesure adaptés.

Relever les indicateurs de qualité et mesurer les grandeurs correspondantes.

Identifier les points critiques du protocole opératoire

Estimer le domaine d'incertitude.

Exprimer correctement le résultat.

Analyser les résultats obtenus.

### Fonction « Maintenance »

Relever une anomalie de fonctionnement d'un appareil et en rendre compte.

Assurer le nettoyage des appareils.

Assurer la maintenance de premier et de deuxième niveaux.