

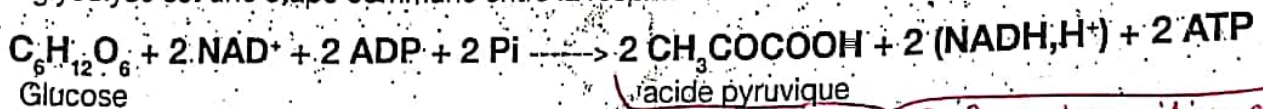
Les cellules des êtres vivants utilisent la matière organique consommée pour le renouvellement de ses composants et l'extraction de l'énergie emmagasinée, à travers une série de réactions métaboliques afin de réaliser ses différentes activités (respiration; multiplication cellulaire, contraction, échanges, mouvements...).
glucose $C_6H_{12}O_6$ énergie non utilisable par la cellule (il emmagasine de l'énergie)

Chapitre 1 : (Oxydation du glucose) Les réactions responsables de la libération de l'énergie emmagasinée dans la matière organique au niveau cellulaire

L'approvisionnement énergétique des cellules est assuré par l'oxydation des métabolites (Glucose par deux phénomènes cellulaires : la respiration et la fermentation qui débutent par la glycolyse.

I-La glycolyse

La glycolyse est une série de réactions catalysées par des enzymes spécifiques au cours desquelles une molécule de glucose (C_6) est progressivement transformée en deux molécules d'acide pyruvique (C_3) avec libération de deux molécules d'énergie (ATP) et la réduction de deux molécules de NAD^+ en $NADH, H^+$ (transporteur d'électrons et de protons H^+). Ces réactions s'effectuent dans le cytosol ou l'hyaloplasme en l'absence d'oxygène (réactions anaérobiques).
 La glycolyse est une étape commune entre la respiration cellulaire et la fermentation.



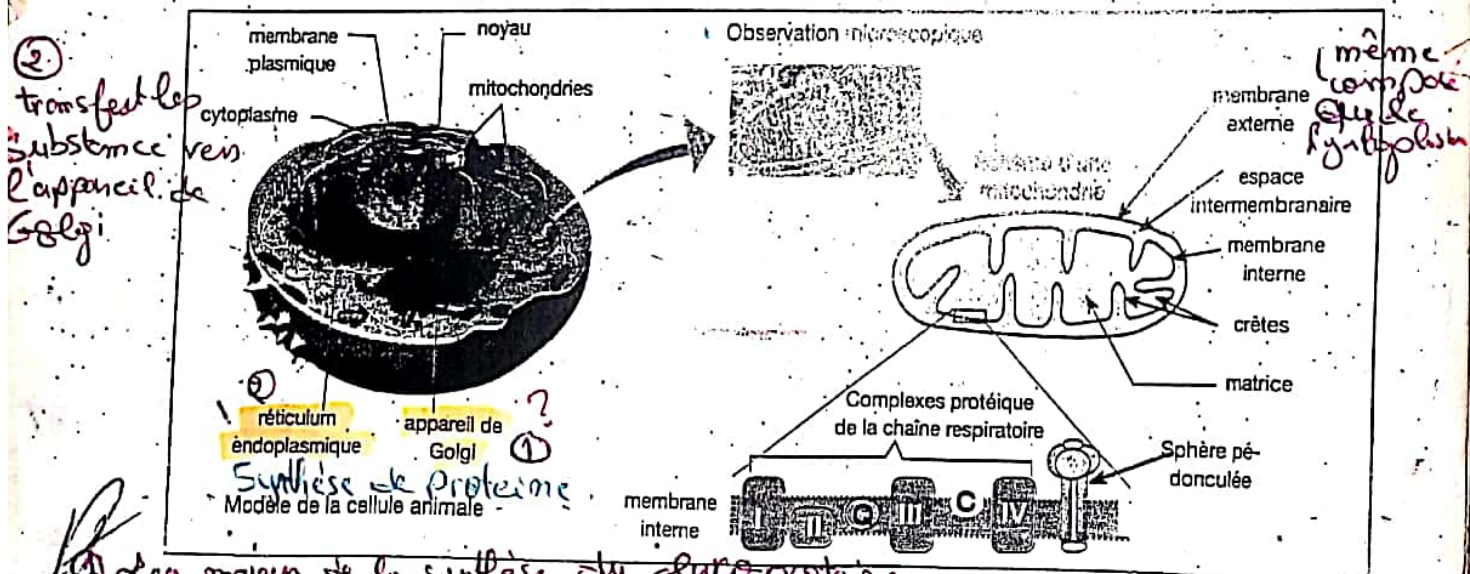
II- Le devenir de l'acide pyruvique.

Les deux pyruvates, obtenus par glycolyse d'une molécule de glucose, poursuivent leur catabolisme selon la nature du milieu.
ça dépend des conditions du milieu

1- Milieu aérobique (présence d'oxygène) : Oxydations respiratoires.

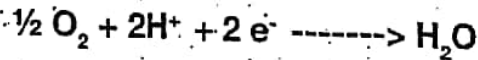
En présence d'oxygène, l'acide pyruvique pénètre dans la matrice mitochondriale où il subit une dégradation totale grâce à des réactions biochimiques catalysées par des enzymes.

1-1 Structure et Ultrastructure de la mitochondrie



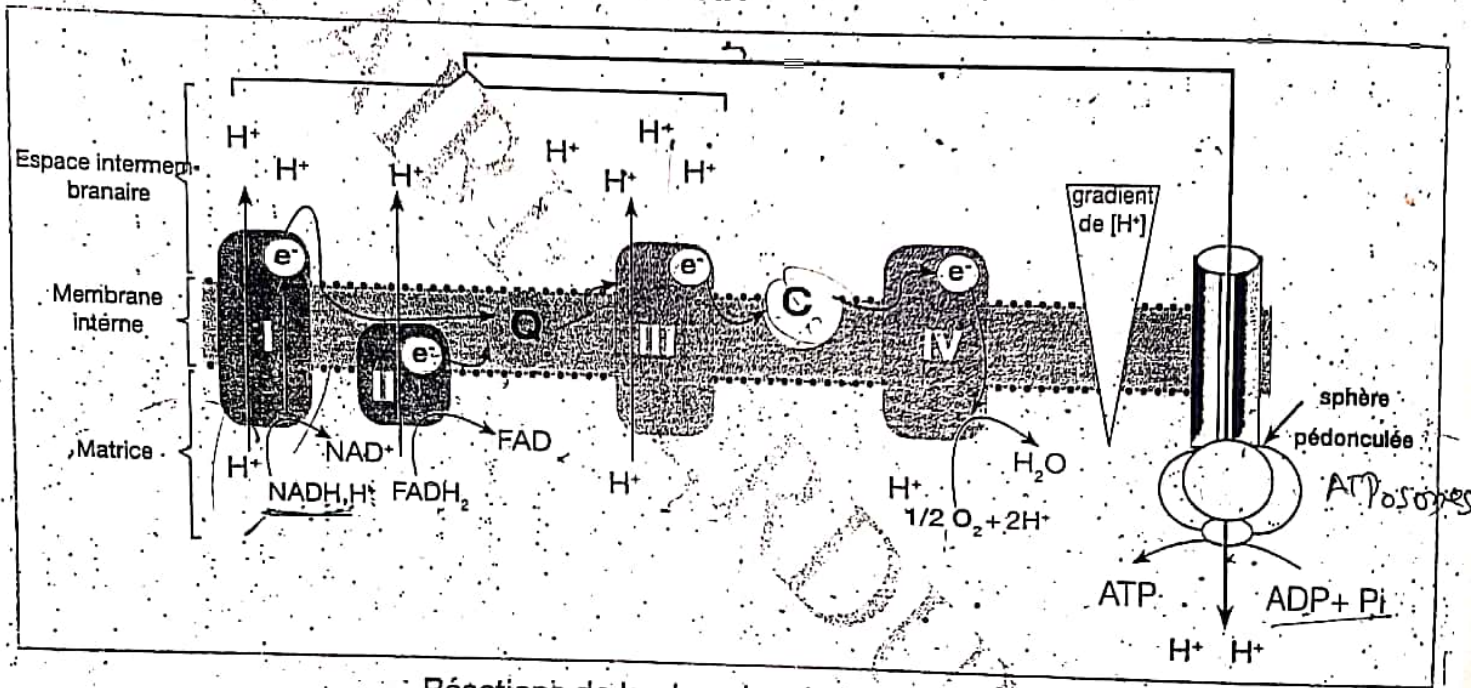
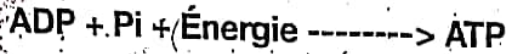
des mojon de la synthèse du glyco-protéines intermédiaire entre la maturation et la sécrétion du protéine se change de modification les protéines.

l'oxygène (accepteur final d'e⁻) et les protons H⁺ présents dans la matrice mitochondriale afin de former des molécules d'eau, selon la réaction suivante :



Au cours de leur transfert, les électrons libèrent une énergie qui sera utilisée pour expulser les protons H⁺ de la matrice vers l'espace intermembranaire ce qui crée de part et d'autre de la membrane interne, un gradient de concentration d'ions H⁺ considéré comme réservoir énergétique.

Le retour des protons H⁺ vers la matrice se fait à travers les sphères pédonculées (ATP synthétase). Ce passage des H⁺ fournit une énergie nécessaire à la phosphorylation de l'ADP et la formation d'ATP (molécule accumulatrice d'énergie chimique), selon la réaction suivante :

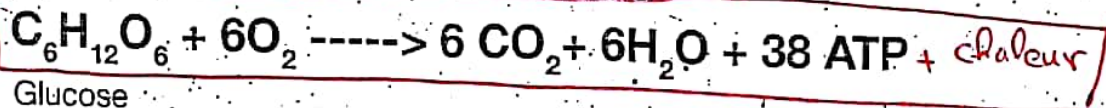


Réactions de la phosphorylation oxydative

La phosphorylation oxydative est une série de réactions qui s'effectuent au niveau de la **membrane interne mitochondriale** par l'intervention de la chaîne respiratoire et des sphères pédonculées qui débutent par l'oxydation des transporteurs (TH₂) et se terminent par la phosphorylation d'ADP (synthèse d'ATP).

L'oxydation d'une molécule de **NADH**, au niveau de la membrane interne de la mitochondrie, permet de synthétiser **trois molécules d'ATP** et celle de **FADH₂** fournit deux ATP. Il résulte de la dégradation d'une molécule du glucose par la respiration 38 molécules d'ATP.

Bilan de la respiration cellulaire

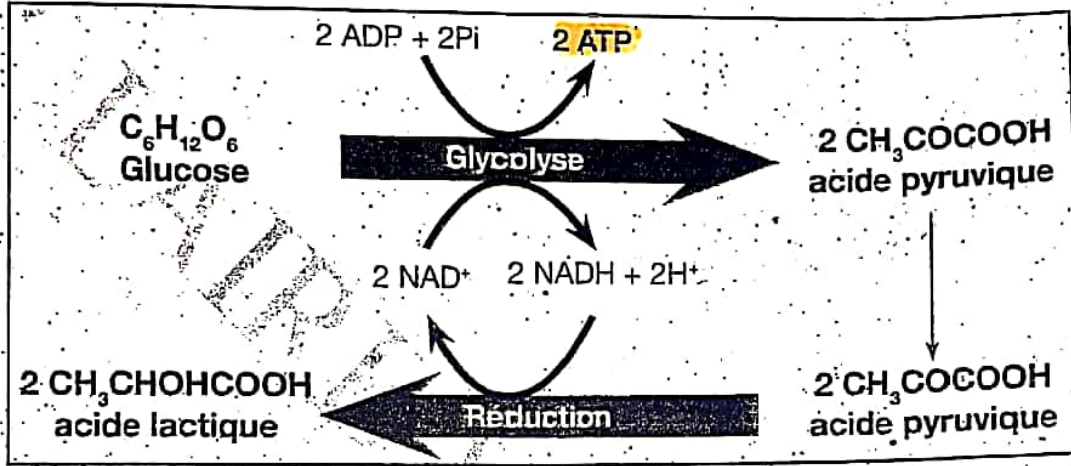
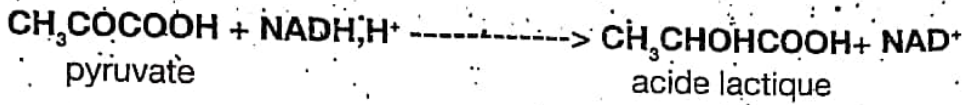


2- Milieu anaérobique (absence d'oxygène) : Fermentation. (se. Luc & An)

En l'absence ou en l'insuffisance d'oxygène, le pyruvate résultant de la glycolyse ne pénètre pas dans la mitochondrie, il se transforme dans l'hyaloplasme en d'autres produits sous l'action d'enzymes spécifiques, c'est la fermentation dont on distingue la fermentation lactique et la fermentation alcoolique...

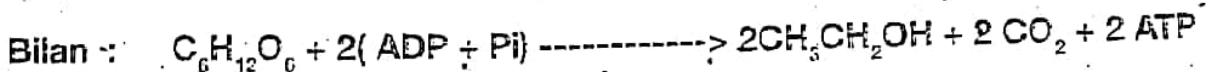
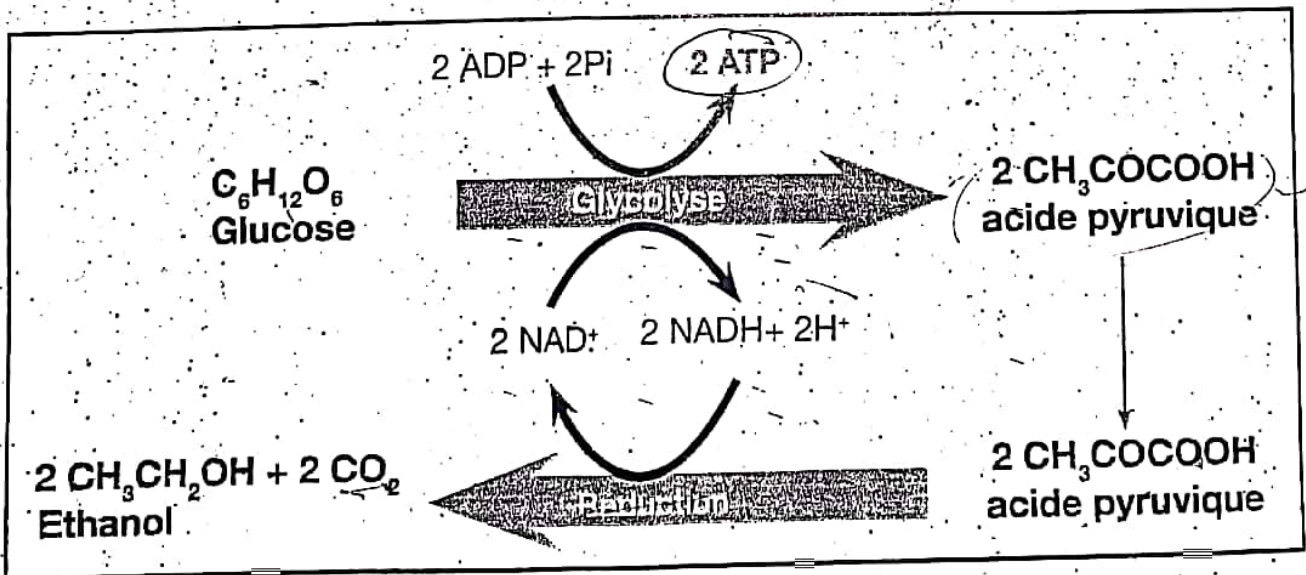
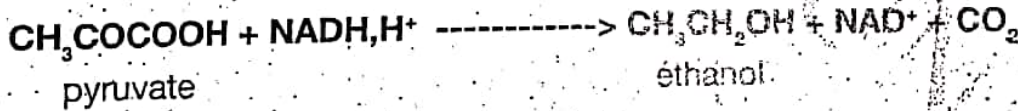
2-1 Fermentation lactique

Le pyruvate subit une réduction et se transforme en acide lactique (lactate) par la lactate-déshydrogénase, due à une oxydation du NADH, H^+ (formé au cours de la glycolyse). Au cours de ces réactions le pyruvate joue le rôle d'accepteur final d' e^- .



2-1 Fermentation alcoolique

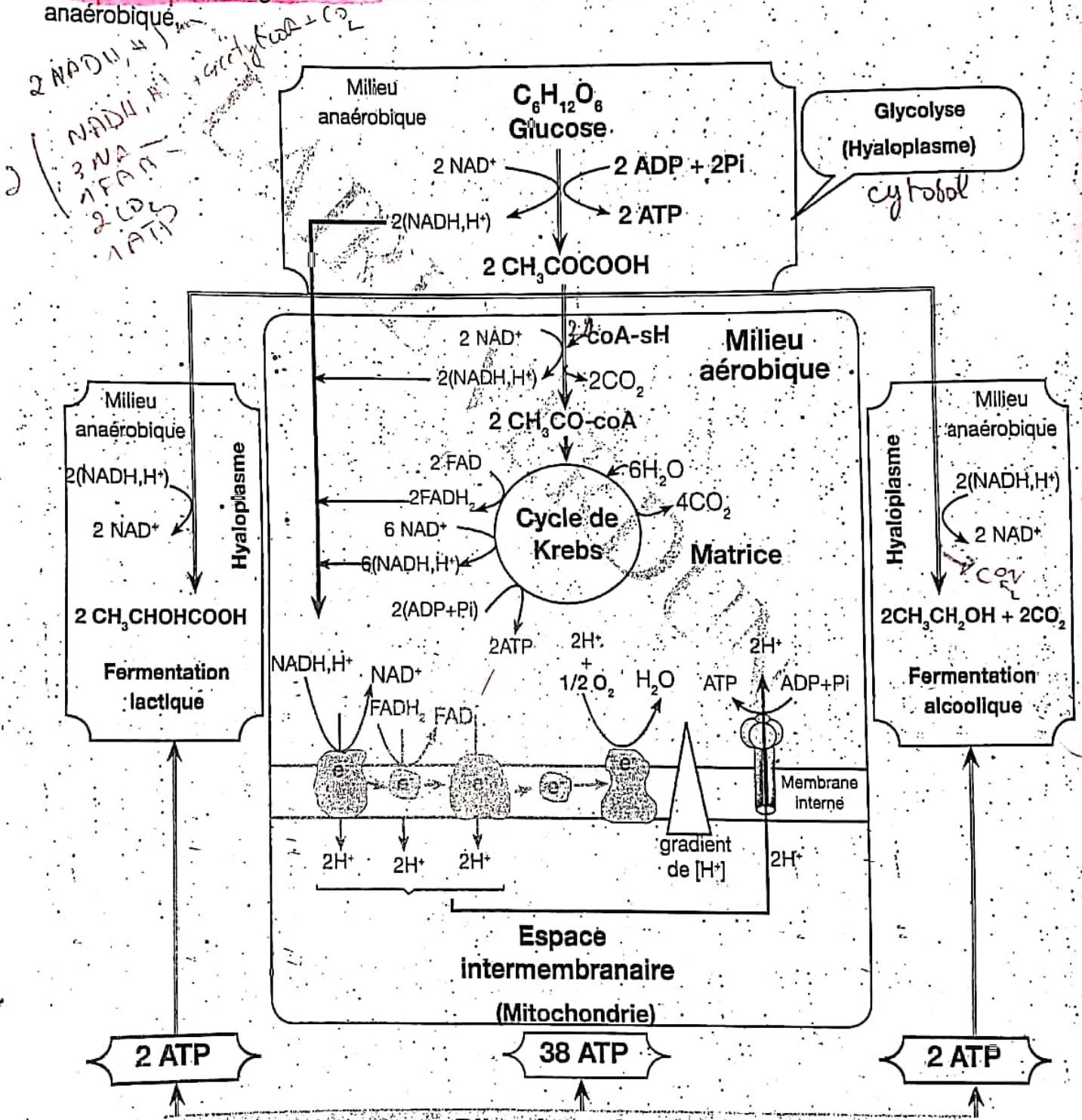
L'oxydation du NADH, H^+ formé au cours de la glycolyse entraîne la réduction et la décarboxylation du pyruvate qui se transforme en éthanol avec libération du CO_2 .



3- Conclusion

La **respiration cellulaire** est un phénomène cellulaire responsable de la **dégradation complète** du glucose en présence d'O₂ en libérant CO₂ et H₂O (déchets minéraux) et aboutissant à la formation d'une grande quantité d'énergie stockée dans les molécules d'ATP. La respiration cellulaire est une voie métabolique aérobie. *38 ATP*

La **fermentation** est un phénomène cellulaire responsable de la **dégradation partielle** du glucose en l'absence d'O₂ en libérant des **déchets organiques** et aboutissant à la formation d'une **faible quantité d'énergie** stockée dans les molécules d'ATP. La fermentation est une voie métabolique anaérobie.



Handwritten notes:
 $2 NADH, H^+$
 $3 NA$
 $1 FAD$
 $2 CO_2$
 $1 ATP$

Handwritten notes:
membrane interne
 20% lipides
 80% proteines

Handwritten notes:
membrane externe
 40% lipides
 60% proteines

Chapitre 2 :

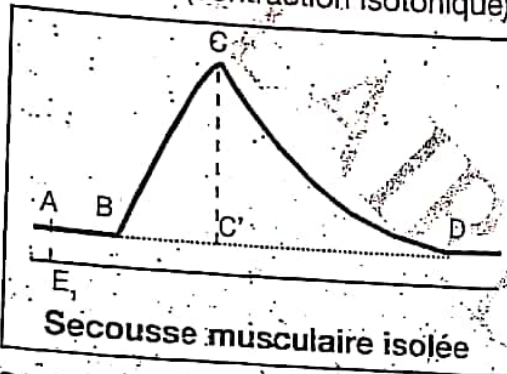
Rôle du muscle squelettique strié dans la transformation de l'énergie

Les muscles squelettiques striés ont pour fonction d'assurer la posture et la motricité du corps grâce à leurs contractions. Au cours de ces contractions, les muscles **transforment l'énergie chimique (ATP) en énergie mécanique avec un dégagement de chaleur.**

I- Enregistrements mécaniques de la contraction musculaire (Myogrammes)

1- Réponse musculaire à une seule excitation efficace (supraliminaire)

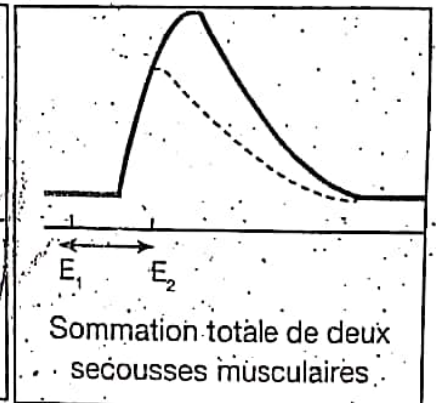
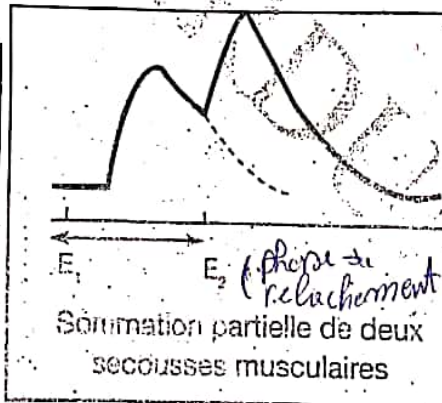
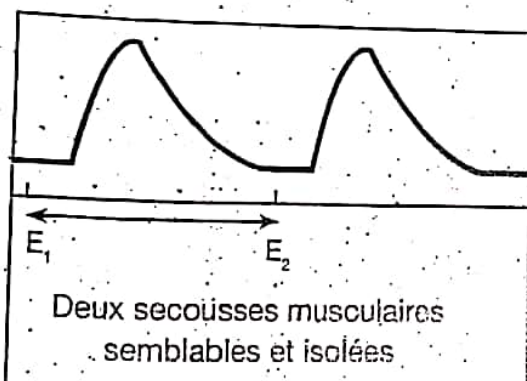
Suite à une excitation efficace (**supraliminaire**), on enregistre une secousse musculaire élémentaire (contraction isotonique) composée des étapes suivantes :



- AB : la phase de latence correspond à la durée entre le moment de l'excitation et le moment du début de la réponse.
- BC : phase de la contraction au cours de laquelle la longueur du muscle décroît et son épaisseur augmente.
- CD : phase de relâchement au cours de laquelle le muscle reprend ses dimensions initiales ; sa durée est légèrement supérieure à celle de contraction.
- CC' : amplitude de la secousse.

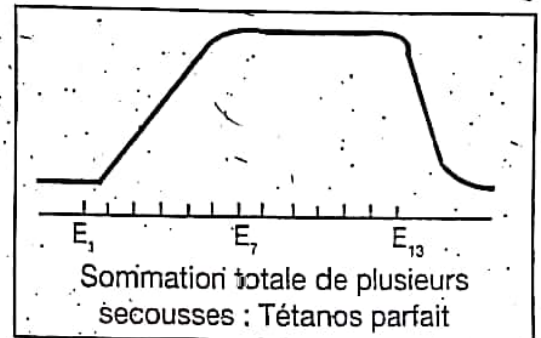
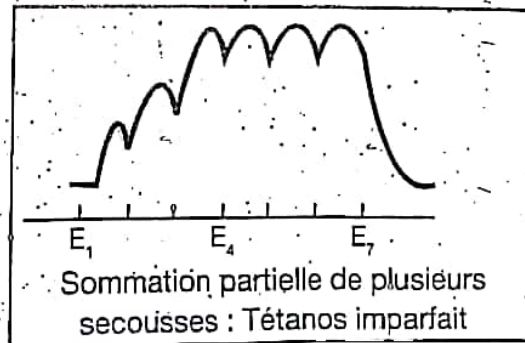
2- Réponse musculaire à deux excitations efficaces de même intensité.

Lorsqu'on excite un muscle par deux excitations successives de même intensité séparées par un intervalle de temps variable, on obtient les enregistrements suivants :



3- Réponse musculaire à une série d'excitations efficaces successives et de même intensité.

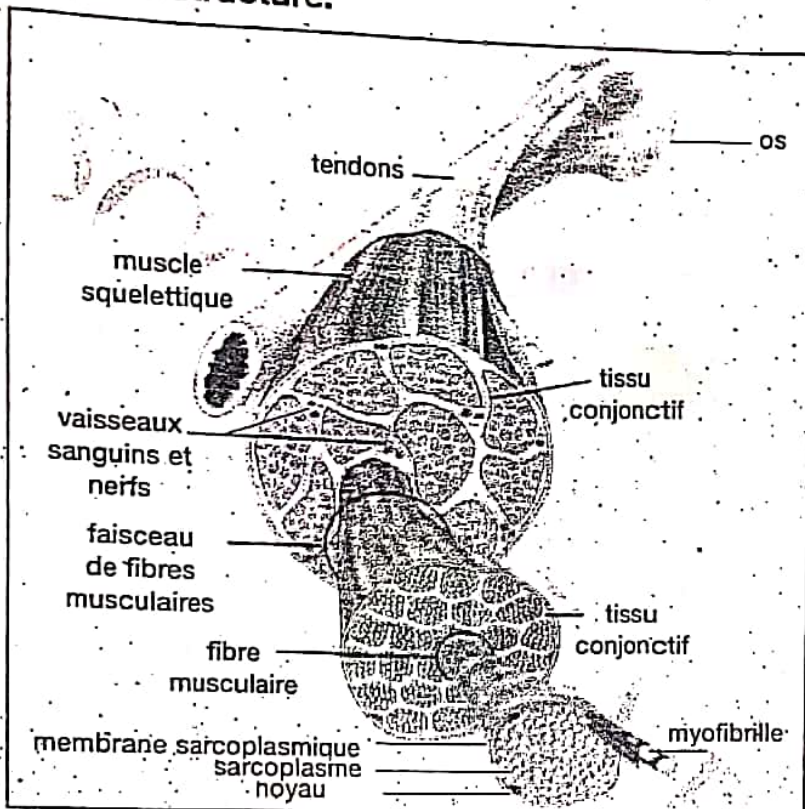
Lorsqu'on excite un muscle par deux séries d'excitations de même intensité et de fréquence variable, on obtient les enregistrements suivants :



Bilan : Le muscle squelettique strié est caractérisé par les propriétés suivantes : excitable, conductible, contractile, téтанisable, fatigable...

II - Structure et ultrastructure du muscle squelettique strié

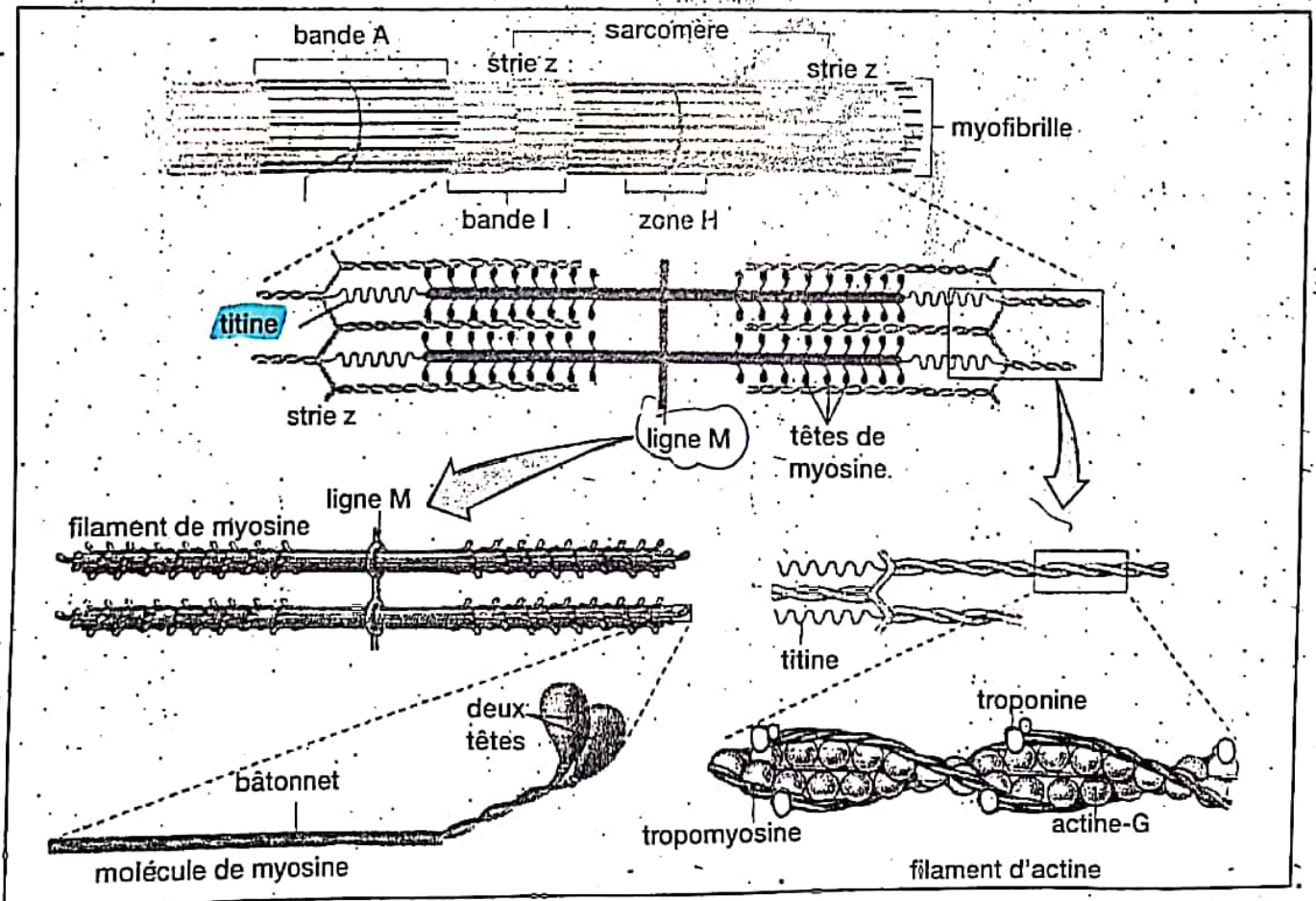
1- La structure.



Le muscle squelettique est constitué de plusieurs **faisceaux** de **fibres musculaires** entourés par des **membranes conjonctives** qui s'unissent pour former les tendons qui attachent les muscles aux os.

Une fibre musculaire est une **cellule géante** qui possède plusieurs **noyaux** (cellule plurinucléée), limités par une **membrane sarcoplasmique** (sarcolemme). Le **sarcoplasme** du muscle contient des **organites responsables de son fonctionnement** (mitochondries, **réticulum sarcoplasmique...**), le cytosquelette de cette fibre est formé essentiellement de **myofibrilles** et des **réserves importantes de glycogène** ainsi que la **myoglobine** (fournisseur d'**oxygène** de la cellule musculaire)...

2- Ultrastructure du muscle squelettique.



Une fibre musculaire est constituée d'un faisceau de myofibrilles. Chaque myofibrille a une forme allongée et constituée de myofilaments. Au sein de chaque myofibrille, on distingue deux types de myofilaments :

- Myofilaments fins, constitués de trois catégories de protéines : la tropomyosine, la troponine et essentiellement de l'actine.
- Myofilaments épais, constitués de protéines de myosine. Chaque molécule de myosine a la forme d'un bâtonnet terminé par deux têtes.

Les myofilaments fins sont disposés de part et d'autre de la strie Z. Ils sont parallèles entre eux et ne se touchent pas. Entre ces filaments, se situent les myofilaments épais. L'espace entre deux stries Z successives est le sarcomère (unité structurale et fonctionnelle de la fibre musculaire). Une myofibrille est donc constituée d'une suite de sarcomères. L'endroit où il n'y a que les myofilaments fins est appelé bande claire I (Isotropique), et l'endroit formé de myofilaments fins et myofilaments épais est appelé la bande sombre A (Anisotropique); au centre de cette bande, se trouve la zone H formée de la myosine.

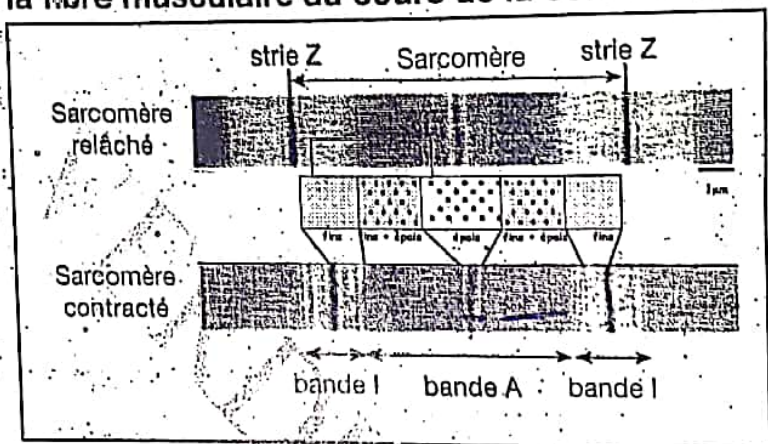
III - Mécanisme de la contraction musculaire :

1- les modifications structurales de la fibre musculaire au cours de la contraction.

Lors de la contraction musculaire, on note les modifications suivantes :

- Raccourcissement de la longueur des sarcomères (rapprochement des stries Z).
- Rétrécissement des bandes claires et des zones H.
- Constance des bandes sombres.

Ces modifications sont dues à un glissement des myofilaments d'actine sur les myofilaments de myosine.

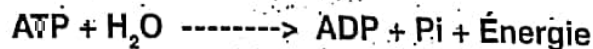


2- Le mécanisme moléculaire de la contraction.

La contraction musculaire nécessite la présence des molécules d'ATP et des ions Ca^{2+} . Elle s'effectue selon les étapes suivantes :

- **Étape d'accrochement** : sous l'action d'une excitation efficace, le réticulum sarcoplasmique libère des ions Ca^{2+} dans le sarcoplasme. Ces ions Ca^{2+} se fixent sur la troponine entraînant le déplacement des tropomyosines et la libération des sites de fixation des têtes de myosine sur l'actine, ce qui permet la formation des complexes acto-myosine (ponts transversaux).

- **Étape du glissement** : le complexe formé catalyse l'hydrolyse d'ATP (fixé précédemment sur les têtes de myosine) avec libération d'énergie nécessaire au pivotement des têtes de myosines vers le centre des sarcomères.

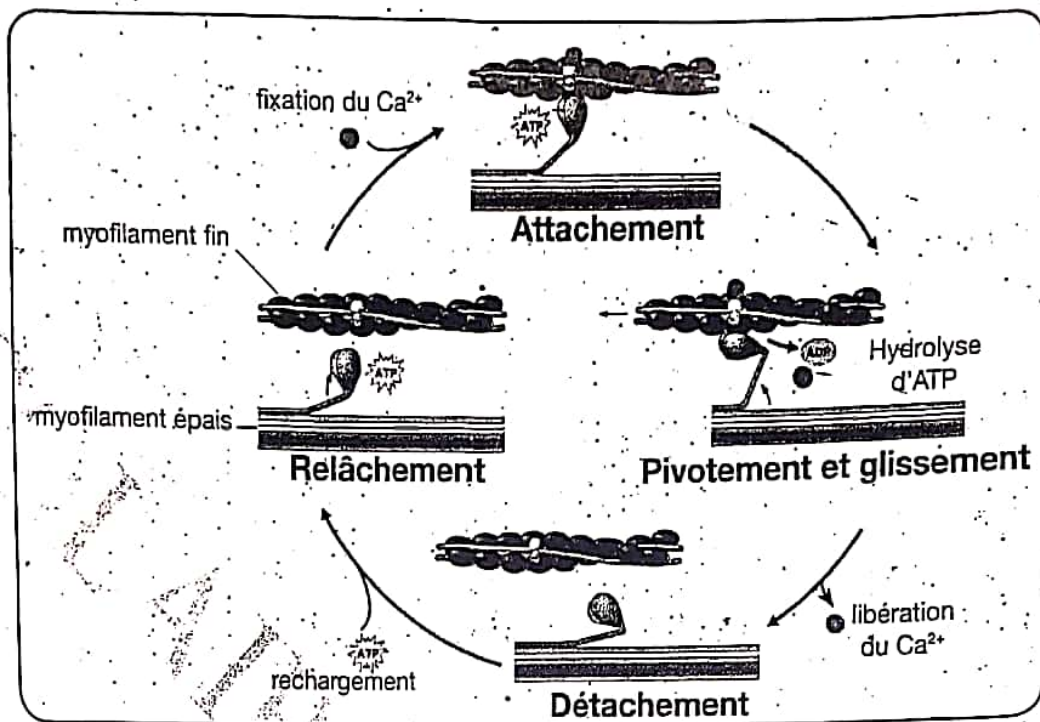


Ce pivotement permet le glissement des filaments d'actine sur les filaments de myosine et donc le raccourcissement des sarcomères (contraction).

- **Étape de décrochement** : l'absorption des ions Ca^{2+} par le réticulum sarcoplasmique entraîne le décrochement des têtes de myosine.

- **Étape de relâchement** : le rechargement des têtes de myosine en ATP entraîne leur redressement. Le muscle revient à son état primordial pour qu'il y ait à nouveau une contraction.

Les mécanismes de la contraction musculaire nécessitent de l'ATP. Comment cet ATP se régénère-t-il ?

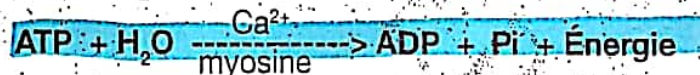


Mécanisme moléculaire de la contraction musculaire

IV - Sources de l'énergie musculaire

1- L'hydrolyse d'ATP

La molécule d'ATP représente la source principale et directe de l'énergie musculaire. Son hydrolyse produit de l'énergie nécessaire à la contraction musculaire.



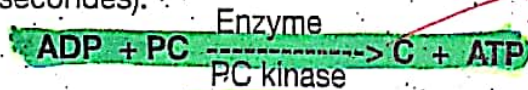
L'énergie libérée est en partie utilisée sous forme d'un travail mécanique, le reste est perdu sous forme de chaleur de contraction.

2- Les voies de la régénération de l'ATP

Dans un muscle, les réserves d'ATP sont faibles. La régénération (resynthèse) de l'ATP est donc obligatoire et s'effectue par trois voies :

* La voie anaérobie alactique :

La dégradation de la phosphocréatine (PC) permet la restauration immédiate de l'ATP accompagnée d'un dégagement de chaleur de contraction. Cette voie est utilisée dans le cas d'un effort très bref et intense (quelques secondes).



*→ créatine basique
pH au cours de contraction est basique.*

* La voie anaérobie lactique : Fermentation lactique.

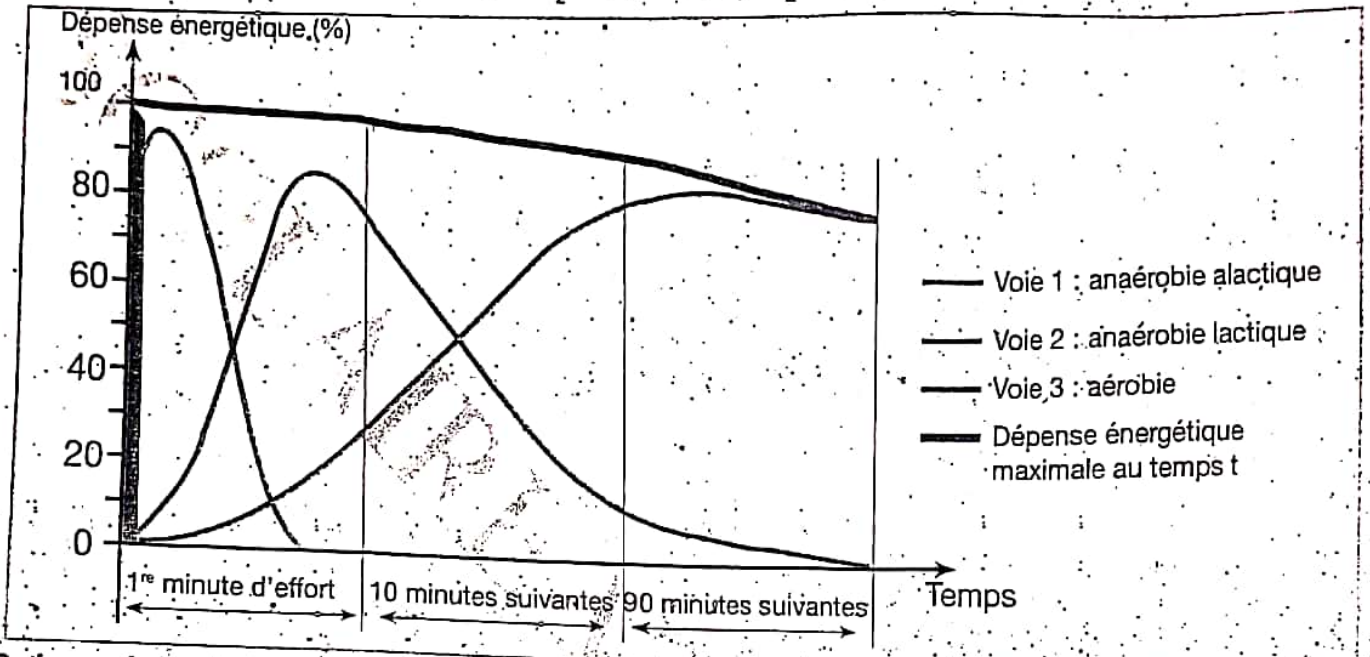
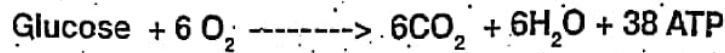
Au cours de cette voie, la régénération de l'ATP s'effectue grâce à la glycolyse anaérobie produisant l'acide lactique. Cette voie intervient pour des activités mécaniques d'une durée comprise entre 1 à 5 minutes et caractérise les fibres musculaires de type II dites «rapides». Cette glycolyse anaérobie a un faible rendement énergétique (2 ATP) avec un dégagement de chaleur de relâchement.



* La voie aérobie : Respiration cellulaire.

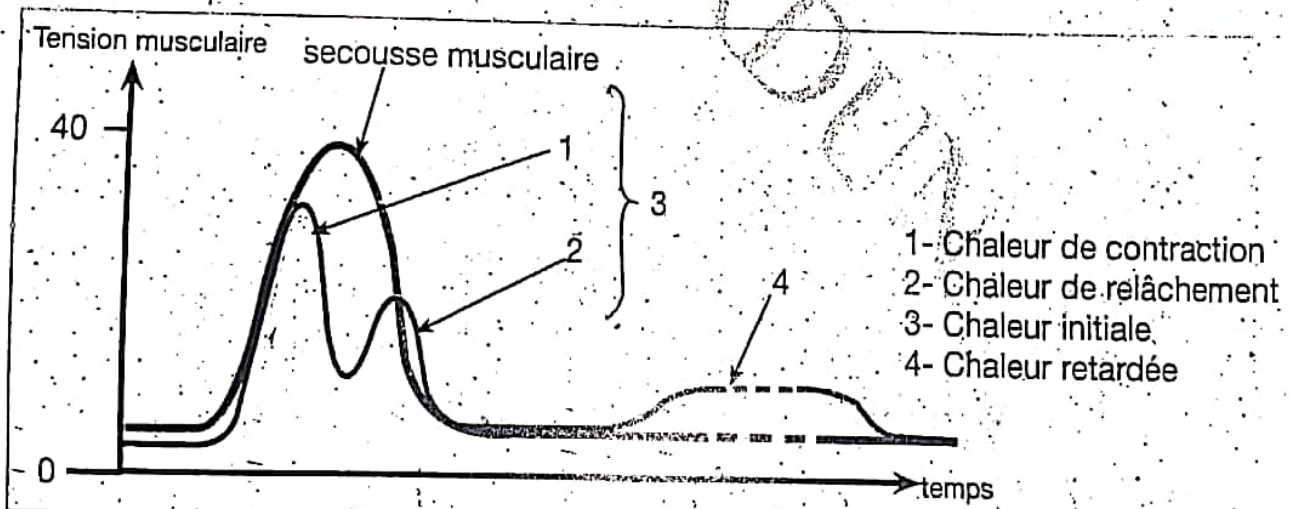
Au cours de cette voie, la régénération de l'ATP s'effectue grâce à la glycolyse aérobie avec une dégradation complète du glucose nécessitant un apport continu de dioxygène (O₂).

Cette voie aérobie s'effectue lorsque l'effort musculaire se prolonge et dépasse une durée de 5 minutes. Elle fournit un important rendement énergétique (38 ATP) qui permet de restaurer l'ATP et la phosphocréatine avec dégagement d'une chaleur retardée, et elle caractérise les fibres musculaires de type I dites «lentes».



3- Les phénomènes thermiques de la contraction musculaire

Toute activité mécanique est accompagnée d'un dégagement de chaleur et d'un réchauffement de l'organisme. On peut mesurer la quantité de la chaleur dégagée au cours d'une activité mécanique.



1- La chaleur initiale de contraction résulte de l'hydrolyse de l'ATP et de sa régénération à partir de la déphosphorylation de la phosphocréatine.

2- La chaleur initiale de relâchement est dégagée lors de la régénération de l'ATP à partir de la glycolyse anaérobie (fermentation lactique).

3- La chaleur initiale est libérée au cours de la secousse musculaire et est caractérisée par une courte durée et une grande amplitude (grande quantité de chaleur libérée).

4- La chaleur retardée est libérée après la secousse musculaire dans un milieu aérobie et est caractérisée par une longue durée et une faible amplitude. Elle accompagne les réactions de la restauration d'ATP à partir de la glycolyse aérobie (respiration cellulaire).