

# Complément : autour de la notion de type trophique + bilan des révisions d'énergétique

(fait avec le TP cycles etc.)

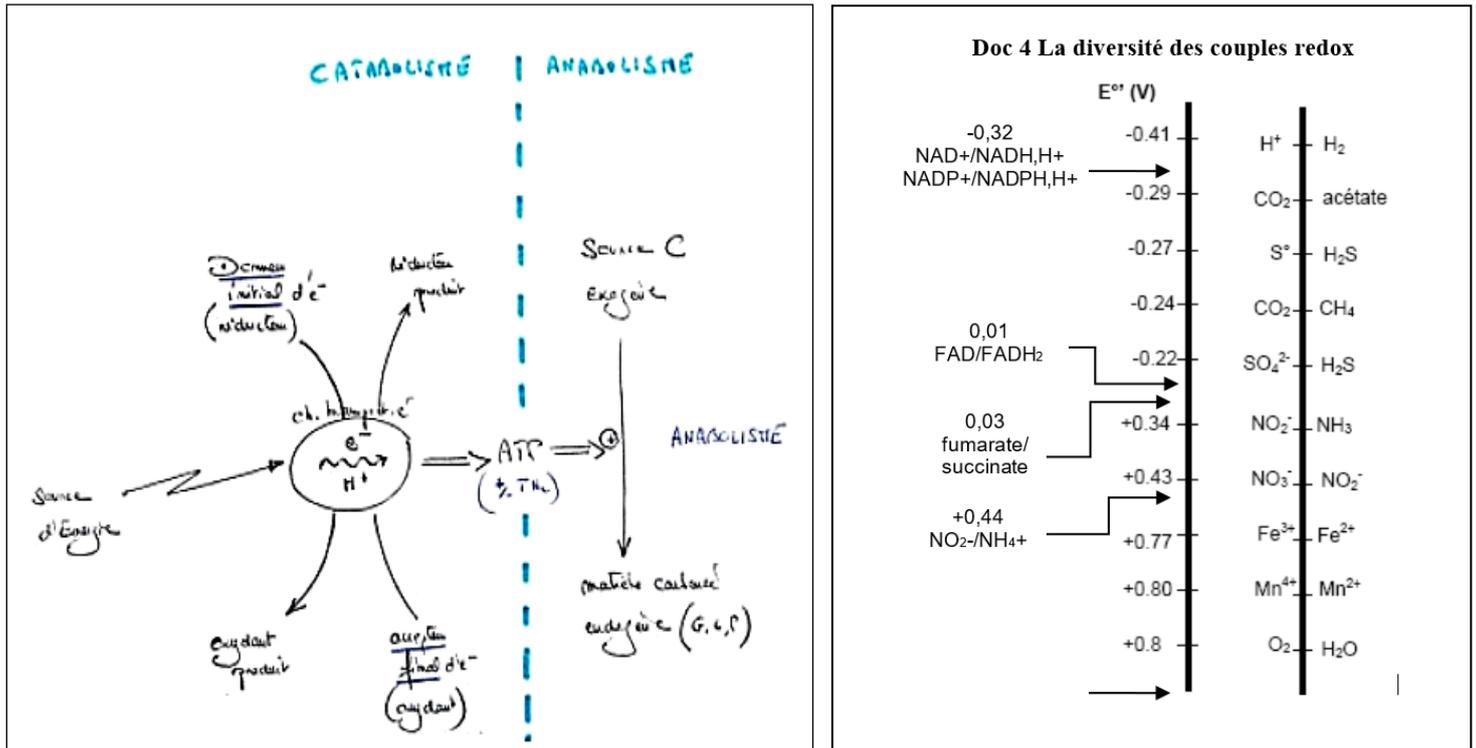
## I/ La notion de type trophique et son intérêt dans la compréhension du métabolisme des êtres vivants

### 1°/ Qu'est-ce qu'un type trophique ?

Un type trophique est un résumé de la manière dont un organisme ou une cellule réalise son métabolisme, plus précisément quelles sont les bases à la fois de son anabolisme (carboné principalement, ou azoté si besoin) et de son catabolisme énergétique.

### 2°/ Une schématisation possible pour un type trophique

Même si elle est discutable, une représentation possible d'un type trophique est celle du schéma ci-dessous.



L'idée générale est la suivante :

- une cellule ou un organisme réalise un anabolisme qui produit ses propres molécules organiques endogènes à partir d'une source de matière exogène
- pour cela il faut à la fois de l'énergie sous forme d'ATP et généralement du pouvoir réducteur sous forme de transporteurs réduits TH<sub>2</sub>
- l'ATP et les TH<sub>2</sub> sont fabriqués par un système d'oxydo-réduction dans lequel, lorsqu'on oublie les nombreux intermédiaires, un donneur initial d'électrons transfère ses électrons à un accepteur final, le système de conversion produisant alors l'ATP et les TH<sub>2</sub>.
- une source d'énergie intervient également pour ces réactions rédox qui sont soit exergoniques soit endergoniques.

### 3°/ Quelques précisions sur les composantes d'un type trophique

a/ Une source de matière exogène : partie droite du schéma côté anabolisme ; soit minérale soit organique, conditionne le vocabulaire **autotrophe** ou **hétérotrophe** ; on s'intéresse au carbone en premier lieu, ou à l'azote si besoin

b/ Une source d'énergie : elle est à l'origine de la synthèse d'ATP ; soit lumineuse soit chimique, donc vocabulaire **chimiotrophe** ou **phototrophe** ; la conversion en ATP se fait soit par transphosphorylation, soit par l'ATP synthase

c/ Des composés redox : deux couples redox principaux : le **donneur initial d'électrons et son oxydant associé** (un déchet en général) + l'**accepteur final d'électrons et son réducteur associé** (un déchet ou pas ; couple réel ou « pseudo-couple ») ; attention à savoir identifier les couples redox + écrire les demi-équations bilans dans les exemples majeurs du programme en ne simplifiant pas les H<sub>2</sub>O

## II/ La diversité des types trophiques

De nombreux types trophiques existent dans le monde vivant, essentiellement lorsqu'on prend en compte le monde microbien. Les micro-organismes ont développé des capacités enzymatiques telles qu'ils sont notamment capables d'utiliser la plupart des couples rédox naturels potentiels ; échelle avec les principaux couples en biologie ajoutée ci-dessus, document essentiel ; rajouter les quinones translocatrices vers +0,1V)

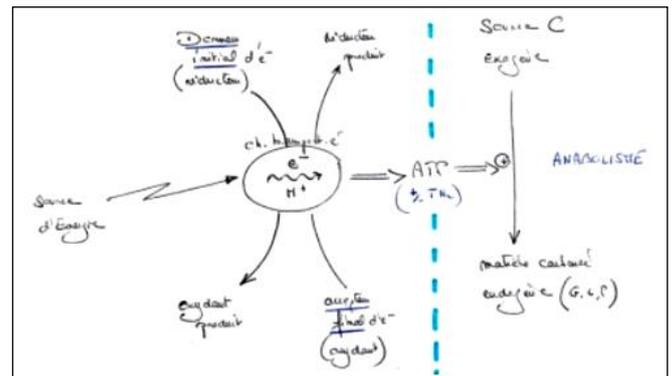
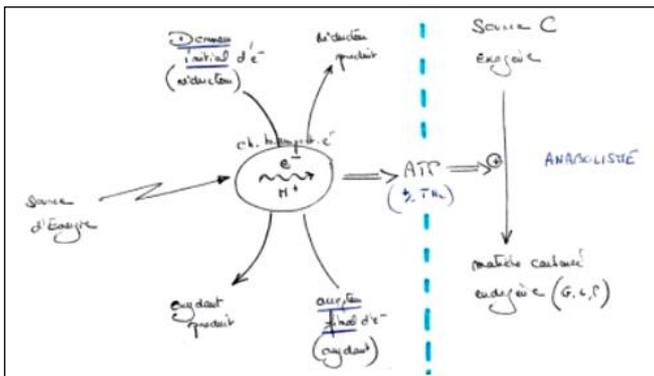
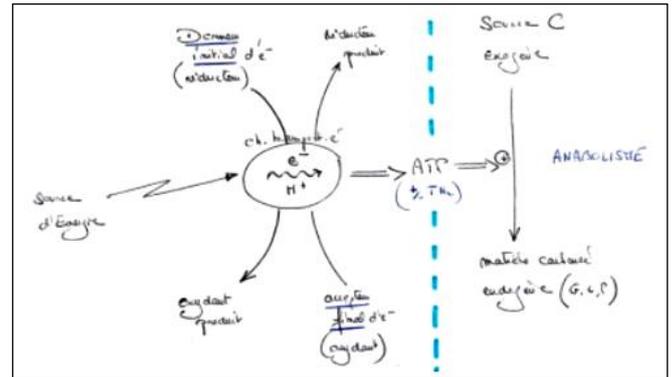
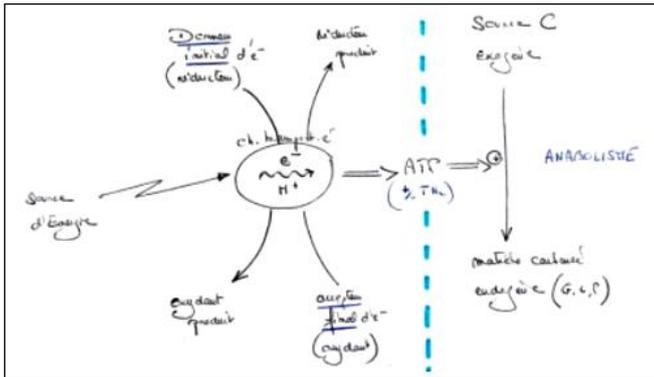
# 1/ Un mode de classification des types trophiques

Pour information en annexe à la fin, un document d'un ancien programme qui « range » les types trophiques à partir d'une clé dichotomique avec bifurcations successives selon des critères hiérarchisés qui sont ceux du schéma ci-dessus : 1°/ source d'énergie, puis 2°/ donneur d'électrons, puis 3°/ accepteur d'électrons, puis 4°/ autres caractéristiques. Le vocabulaire est directement inspiré de cette organisation.

## 2°/ Quelques exemples de type trophiques

a/ Les quatre exemples majeurs du cours de sup : les photolithotrophes oxygéniques (végétaux chlorophylliens), chimioorganotrophes respiratoires aérobies (animaux), chimioolithotrophes respiratoires aérobies (ex. Nitrobacter) et chimioorganotrophes fermentaires (alcoolique ou lactique) → voir la prise de notes + travail sur les équations-bilans, les demi-équations rédox, la non simplification des H<sub>2</sub>O...

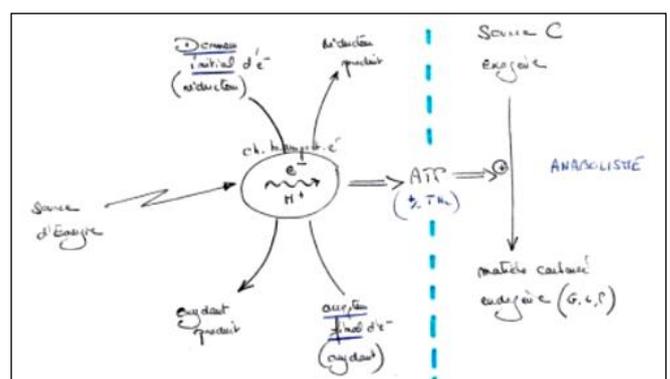
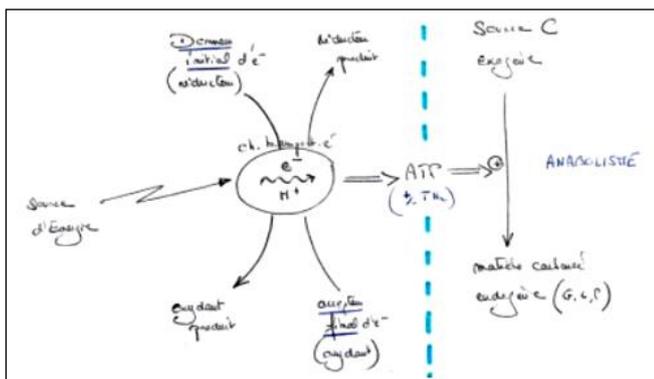
A CONNAITRE (schémas vierges à compléter par votre prise de notes)



**Rappel : définition de « respiration »** : chimiotrophie avec accepteur final exogène : **fermentation** : chimioorganotrophie avec accepteur endogène

## b/ D'autres types trophiques variés

On rassemblera ici les corrigés de différentes situations carbonées ou azotées vu lors du TP cycles. Une douzaine de schémas et ciblage pour la mémorisation dans le polycopié de correction du TP. Schémas à compléter par votre prise de notes, une douzaine de schémas vierges fournis





### III/ Types trophiques et production d'ATP : les membranes phosphorylantes

#### 1/ Un complexe enzymatique quasi-universel : l'ATP synthase

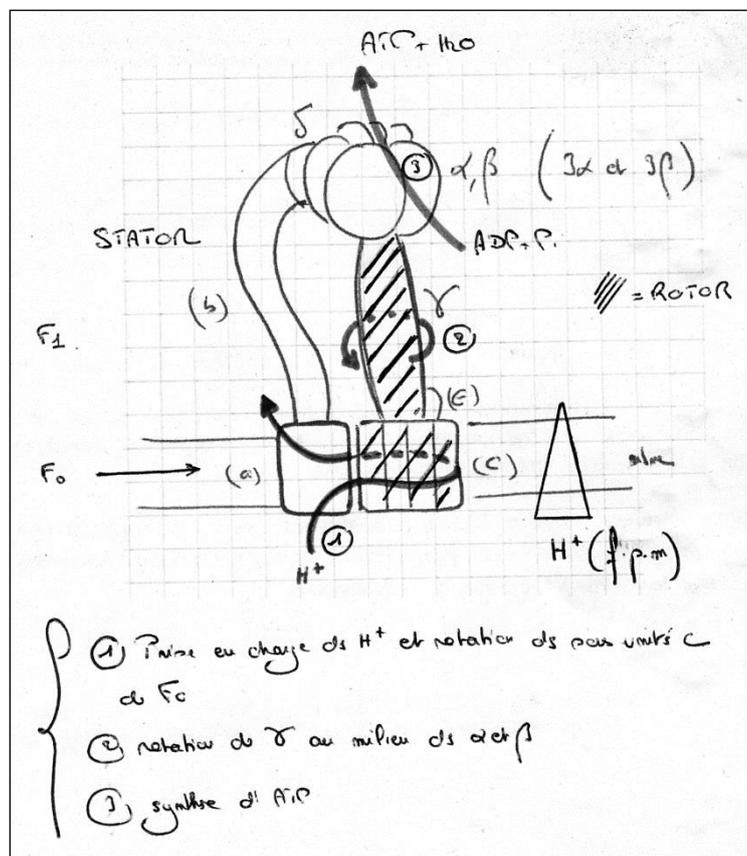
Il y a des productions d'ATP par transphosphorylations, certes, principalement par la glycolyse, et par exemple c'est la seule façon dans le cas des fermentations. Mais dans la plupart des autres métabolismes l'ATP synthase de la membrane plasmique des procaryotes ou des membranes des organites eucaryotes (ou des thylakoïdes des cyanobactéries) est au cœur de l'énergétique cellulaire.

La production d'ATP est donc assurée par un gradient de protons (théorie chimiosmotique de Mitchell) et un couplage osmochimique. Fonctionnement de l'ATP synthase → cf. cours de sup [...]

Rappels et consignes sur la schématisation de l'ATP synthase, trois schémas possibles :

- le schéma minimaliste de type « sphère pédonculée » : le « petit champignon » qui sert sur les schémas de synthèse cellulaires où les détails ne sont pas nécessaires, lorsqu'on fait des membranes phosphorylantes avec leur chaîne rédox associée
- le schéma standard de l'ATP synthase, raisonnablement détaillé ; reproduit ci-dessous avec commentaires
- le schéma supplémentaire au précédent de détail de la coupe transversale de la tête, plutôt \* probablement à mon avis, avec les trois états de configuration spatiale O-L-T du stator autour de la sous-unité  $\gamma$  du rotor

→ voir aussi le fichier plus détaillé dédié en ligne dans les compléments d'énergétique



#### Remarques de cadrage :

- au tableau ou dans la copie, ne pas hachurer mais choisir des couleurs différentes pour le rotor et le stator ; attention le stator doit être fixe
- ajouter le nom des deux compartiments intérieur et extérieur selon l'exemple étudié (mitochondrie, chloroplaste, ou bactérie) ; compartiment cellulaire ou milieu selon le cas
- attention au trajet des H<sup>+</sup> : ils sont pris en charge par les sous-unités c du rotor qui forment comme une sorte de barillet de revolver et tournent à l'intérieur de F<sub>0</sub> avant de ressortir de l'autre côté d'où la logique de la flèche ci-contre
- rappel : la prise en charge du flux d'H<sup>+</sup> par les sous-unités a et c fait tourner l'anneau c, d'où rotation du rotor  $\gamma$  au milieu du stator des sous-unités  $\alpha\beta$ , et cette énergie mécanique de rotation est transformée en énergie chimique par synthèse d'ATP

#### 2/ Une ATP synthase alimentée par une force protomotrice créée par une chaîne redox membranaire

- Rappel sur la fpm, aspect thermodynamique : cf. fichier de compléments importants d'énergétique.
- Schéma général d'une membrane phosphorylante : cf. cours de sup et prise de notes du schéma en séance TP cycle à recopier ci-dessous

- Le cas de la chaîne respiratoire : cf. cours de sup et compléments d'énergétique autour de la respiration cellulaire

→ quelques consignes de cadrage :

- Le cas de la chaîne photosynthétique : cf. cours de sup + révisions faites en séance du TP cycle

- aspects thermodynamiques : révisions du schéma en Z

→ quelques consignes de cadrage :

- détails des transferts d'électrons et de protons : c'est votre schéma de sup mais **rappel du cadrage** :

→ d'abord on regarde quel cycle de Calvin a été fourni à mémoriser dans le cours, version à 6 carbones ou version à 3 carbones ? Si trois carbones pour faire sortir un C3 on sait qu'il faudra que la chaîne produise 9ATP (6+3) et 6TH<sub>2</sub> pour le faire tourner

→ donc pour les TH<sub>2</sub> : on fait rentrer une molécule d'eau dans la chaîne (ça peut être deux sur le schéma si on ne veut pas de 1/2 O<sub>2</sub>) et alors un TH<sub>2</sub> est produit à l'autre bout. Et avec 6 molécules d'eau on a bien les 6TH<sub>2</sub> nécessaires pour faire un C3 avec Calvin

→ pour les ATP : 9 ATP pour Calvin si C3, donc nécessité d'un gradient total de  $9 \times 4 = 36H^+$  produits par l'oxydation de 6 molécules d'eau donc il faut un gradient de 6H<sup>+</sup> sur votre schéma s'il est basé sur une seule molécule d'eau. L'oxydation de l'eau en libère directement deux (qui disparaissent de l'autre côté par la formation de NADPH, H<sup>+</sup>) et donc au final la translocation est de 4H<sup>+</sup>, ce qui tombe bien car on sait que les quinones traversées par 2 électrons et deux protons transloquent alors 4H<sup>+</sup>

*Il n'y a plus qu'à revoir votre schéma de sup à la lumière de ce cadrage de révisions, et à la recopier en fin de ce poly*

- Le cas de la membrane phosphorylante de Nitrobacter : cf. cours de sup et prise de notes, un résumé ici

- le problème des potentiels rédox et de la production de TH<sub>2</sub> :

→ quand on regarde l'axe des potentiels rédox on voit que des nitrites à O<sub>2</sub> OK, c'est spontané pour le transfert d'électrons et exergonique donc gradient de protons et ATP (remarque on va de +0,43V à +0,82V donc pas possible que le translocateur soit une quinone dont le potentiel est vers 0V, c'est un cytochrome de potentiel compris entre les deux valeurs, tout comme dans le complexe IV de la chaîne respiratoire)

→ mais pas possible spontané pour aller de +0,43 des nitrites vers le -0,32 des transporteurs ⇒ une partie du gradient est consommé pour forcer la formation des TH<sub>2</sub> indispensables au cycle de type Calvin (variante de Nitrobacter qui est autotrophe au carbone) : une baisse de rendement mais pas un problème car beaucoup de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans le milieu de vie donc beaucoup de nitrites à disposition

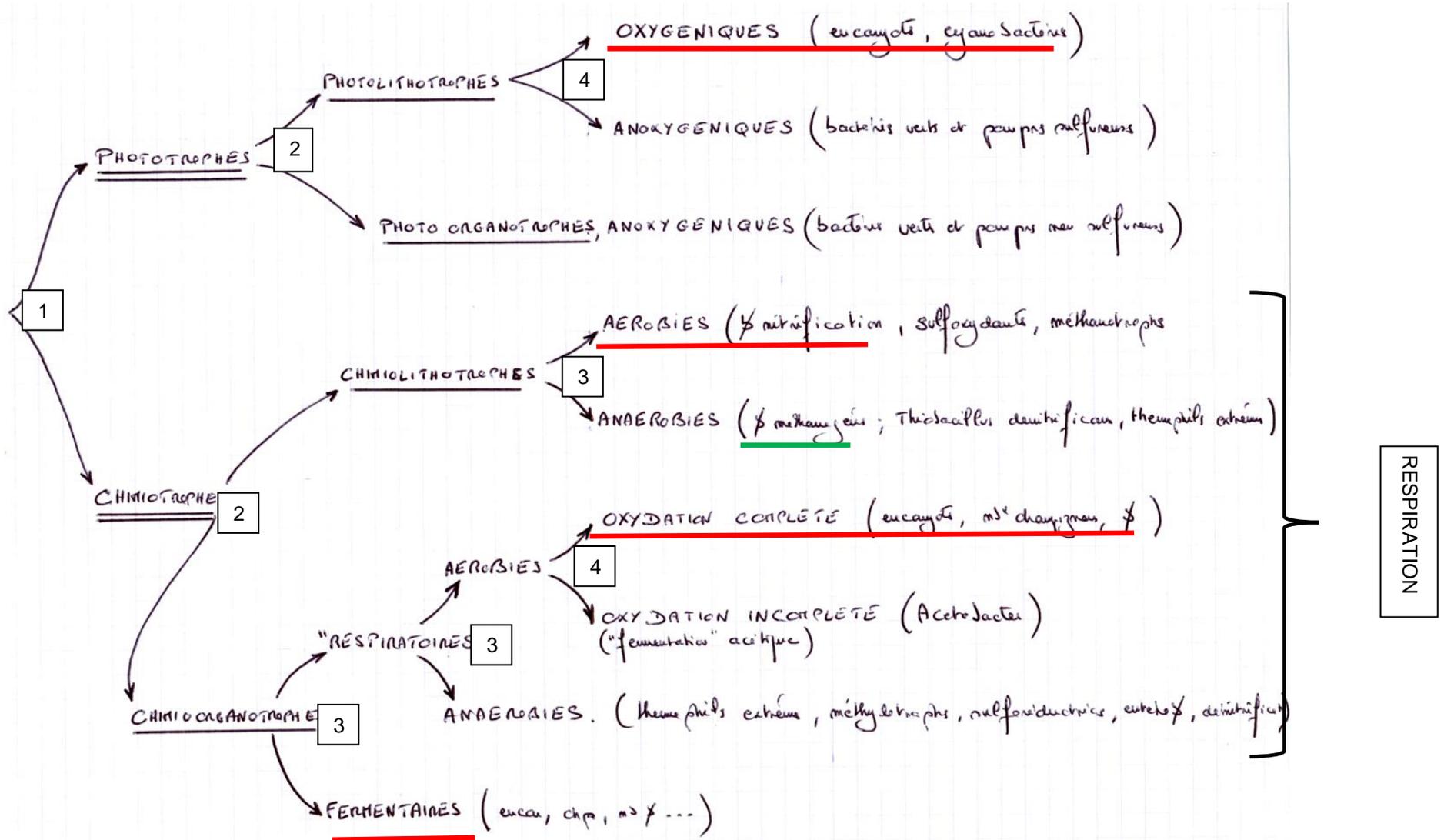
- le schéma du fonctionnement énergétique de la membrane :

→ *recopier ci-dessous votre schéma de sup si pas de schéma refait en séance*

## Une classification des types trophiques

Un document pour ranger les types trophiques, hors-programme, sous forme d'une clé dichotomique avec bifurcations successives selon des critères hiérarchisés qui sont : 1/ la source d'énergie, puis 2/ le donneur initial d'électrons, puis 3/ l'accepteur final d'électrons, puis 4/ d'autres caractéristiques. Le vocabulaire est directement inspiré de cette organisation.

La respiration au sens large est une chimiotrophie avec un accepteur final exogène, donc ce sont tous les chimiotrophes moins les fermenteurs dont l'accepteur final est endogène.



EXEMPLES DU PROGRAMME SOULIGNES