

Devoir sur table n°2 synthèse – la feuille des Angiospermes

A. Commentaire général sur les copies

Le barème est sur 45 pts, plus 15 pts de compétences, soit un barème total sur 60 pts. La note sur 60 est divisée par deux pour obtenir la note sur 20. La moyenne s'établit à 8,5/20, ce qui n'est pas très bon, admettons-le. Ceci étant dit, la plupart des notes basses s'expliquent par une **mauvaise gestion du temps** (conclusion non rédigée, ou bâclée, parties entières non faites par manque de temps), ou par une **mauvaise application des méthodes** (introduction bancale, argumentation maladroite ou absente, schémas non fonctionnels). **Il n'y a donc pas d'inquiétude à avoir sur la suite de l'année** : identifiez les points d'amélioration, et travaillez-les, ils vous serviront pour les autres devoirs (et *a fortiori* pour le concours).

B. Erreurs courantes à corriger

a. Introductions

L'accroche peut permettre de commencer mais **elle n'est pas indispensable**. Surtout, s'il s'agit juste d'une anecdote sans lien direct avec les **concepts du sujet**, c'est à éviter absolument !

La définition des termes du sujet est globalement bien faite. Attention cependant à bien voir cette première étape comme une **analyse** du sujet. Si on n'a pas relevé que les feuilles des angiospermes sont des organes **du milieu aérien**, et que ce milieu **a des atouts** mais **aussi des contraintes**, la problématique ne peut pas logiquement poser la question de l'adaptation au milieu de vie...

La problématique doit traiter tout le sujet, si possible en une seule phrase. L'annonce du plan doit présenter la **démarche de réponse** à cette/ces question. Attention : si vous ne posez pas la question du développement de la feuille dans la problématique, vous ne pouvez pas l'intégrer dans l'annonce du plan !

b. Argumentation

On rappelle ce qu'on attend en terme d'argumentation :

§1 : citer un exemple, donner une loi, faire le compte-rendu d'une expérience

§2 : énoncer le concept provenant ce 1^{er} §

Argumentations incomplètes ou bancales :

- présenter une expérience (ex : exp. de Calvin) **sans en donner le résultat**
- présenter une expérience (ex : cache sur une feuille et mise en évidence de l'amidon) **sans comparer le témoin au test**
- présenter une loi (ex : loi de Fick) **sans définir les grandeurs**
- donner un concept (ex : stratégie sclérophyte) **en terminant par donner l'exemple du romarin**

Attention de ne pas argumenter pour ne rien dire : on n'a pas besoin d'argumenter pour dire qu'il existe un pétiole et un limbe, il suffit de le dire. On rappelle aussi qu'on attend 2-3 argumentations par copie. Présenter 4 ou 5 expérience ne rapportera pas de points, mais fera perdre beaucoup de temps !

On propose p. 5 un exemple de paragraphe idéal, intégrant une argumentation expérimentale (avec l'exp. de Calvin).

c. Schématisation

Les erreurs couramment relevées sont les suivantes :

- Schémas **non fonctionnels** → on se fiche de l'anatomie de la feuille ou de l'ultrastructure de la cellule de parenchyme ; en revanche, on veut savoir la fonction de chaque cellule de la feuille, et le fonctionnement de la phase photo-chimique et non photo-chimique de la photosynthèse !
- Titres **non pertinents** :

- « schéma de l'auxine » alors on présente le **mode d'action de l'auxine en terme d'expression génétique et de modification de l'activité des protéines ayant une incidence sur la rigidité de la paroi**
- « le stomate » alors qu'on présente **les mécanismes de modulation de l'ouverture des stomates en fonction des fluctuations de disponibilité en eau du milieu**
- « l'expérience de Calvin » alors qu'on présente **la mise en évidence par Calvin de la formation de 3-phosphoglycérate par carboxylation directe à partir d'un précurseur préexistant.**
- Schémas **mal légendés** : le titre doit indiquer si on a affaire à une coupe ou non, les compartiments doivent être légendés, les couleurs, si elles sont significatives, doivent être légendées.

d. Conclusions

Les conclusions sont un des points les plus faciles à corriger, puisqu'elles sont globalement très insuffisantes.

Rédigez votre conclusion à l'avance sur une feuille à part, et glissez-la dans la copie avant de la rendre. Vous serez ainsi sûr.e.s qu'elle ne sera pas bâclée.

Le **bilan** doit être **précis**, et doit reprendre les principaux **concepts**. Travail de correction : proposez un bilan précis pour corriger ces conclusions lues dans des copies.

- « Nous avons donc montré que la feuille était fondamentale pour la nutrition »
- « Pour conclure, les feuilles des angiospermes sont des organes adaptés au milieu de vie »
- « Pour conclure, nous pouvons dire que les feuilles sont des organes essentiels à la vie de l'angiosperme »

e. Hiérarchiser ses connaissances

Dans beaucoup de copies, on note un problème de **hiérarchisation des connaissances**. Toute thématique scientifique (par exemple la phase photochimique) peut être traitée en 1 ligne, en 3 lignes, en une page, en 10 pages, en un livre de 1000 pages (si si, c'est possible !). Selon le niveau de synthèse attendu, on devra mettre plus ou moins d'informations, et donc **trier entre les informations de 1^{er} ordre, de 2nd ordre, de 3^e ordre**... exemple ci dessous, avec trois paragraphes (1. info de **1^{er} ordre**, 2. de **2nd ordre** en plus, 3. de **3^e ordre** en plus)

1. la **phase photochimique** est la formation de **pouvoir réducteur** et **d'ATP** grâce à la **lumière**.
2. la **phase photochimique** est la formation de **pouvoir réducteur NADPH** (grâce aux **électrons issus de la photooxydation de l'eau**) et **d'ATP** (grâce au **gradient de H⁺**), grâce à **l'énergie lumineuse**.
3. la **phase photochimique** est la formation de **pouvoir réducteur NADPH** et **d'ATP**, grâce à **l'énergie lumineuse** :

- l'eau est photo-oxydée en O_2 grâce à l'énergie apportée par la lumière, et captée par l'antenne collectrice (contenant des pigments) du photosystème
- les électrons sont transférés de façon exergonique de protéine en protéine dans la chaîne de transport d'électrons, ce qui permet une dissipation d'énergie sous forme d'un gradient transmembranaire de H^+ de part et d'autre de la membrane du thylakoïde
- ce gradient est utilisé par l'ATP-synthase pour synthétiser de l'ATP, par un couplage osmo-chimique
- l'accepteur final est le NADP $^+$, qui est converti en NADPH, un coenzyme réduit.

On ne peut pas tout détailler jusqu'au 3^e ordre dans toute la copie, car on n'a que 3h. Mais quand le temps manque, il faut savoir se limiter au premier ordre, qui peut permettre d'avoir beaucoup de points avec peu de mots → aide à terminer la copie avec une excellente note.

f. Liste en vrac d'erreurs courantes

Forme

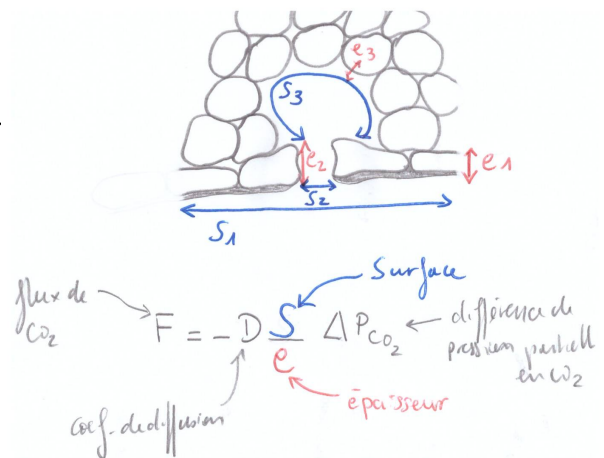
- Orthographe de **caulinaire** ≠ **colinéaire** : cf. fiche de vocabulaire donnée en début d'année
- Les transitions doivent être explicites, même si cela peut paraître lourd (« nous avons vu cela, et nous allons maintenant voir que... »). Le risque est, sinon, que l'on prenne la transition pour un bilan (nécessairement incohérent) de ce qui vient d'être fait.
- Je rappelle que « en effet » signifie « je vais argumenter ce que je viens dire » et en aucun cas « voilà les mécanismes explicatifs de ce que je viens de dire. » Comme l'argumentation doit toujours précéder les concepts, « en effet » doit être banni de vos copies.

Erreurs scientifiques

- Les angiospermes sont un groupe monophylétique, un taxon, et plus précisément une classe de plantes, mais **pas une famille** ! Exemples de familles : les fabacées, les poacées, les orchidacées...
- La loi de Fick doit être maniée avec grande précaution pour les stomates, notamment la notion de surface. Dans le schéma ci-contre, laquelle des trois surfaces, et laquelle des trois épaisseurs est **physiquement signifiante** pour expliquer les échanges de CO_2 ?

- S1 et e1
- ☐ au 1^{er} ordre ; ☐ au 2nd ordre ; ☐ absolument pas !
- S2 et e2
- ☐ au 1^{er} ordre ; ☐ au 2nd ordre ; ☐ absolument pas !
- S3 et e3
- ☐ au 1^{er} ordre ; ☐ au 2nd ordre ; ☐ absolument pas !

Justification :



- La photosynthèse comporte une phase photochimique, et une phase non photochimique (mais pas de « phase chimique »)
- Le lien entre évapotranspiration et montée de sève élaborée doit être revu. En particulier, on pourra argumenter avec la loi de Jurin, qui a été évoquée par certains.

- Dans la photosynthèse :
 - On peut utiliser les acronymes GAP et 3PG... mais **uniquement si on sait ce qu'ils signifient** ! En l'occurrence, GAP = glycéraldéhyde-3-P et 3PG : 3-P-glycérate. Comme vous avez des connaissances en chimie, **vous savez qu'un aldéhyde est plus réduit qu'un acide carboxylique** (ou sa base conjuguée, ce qui ne change rien), et donc si vous écrivez 3PG → APG sans relever qu'il s'agit d'une réduction → 
 - On note beaucoup de confusions entre NADP, NADP⁺, NADPH, NADPH, H⁺... On rappelle que les H signifient simplement « hydrogène » donc NADPH et NADPH, H⁺ c'est **strictement la même chose** ! En revanche, NADP **ça n'existe pas**. Et surtout, il faut toujours avoir conscience que NADP⁺ + **2 e⁻** (+ H⁺) = NADPH : ce qui compte, ce sont les électrons, pas les H⁺ !
 - Les électrons de la phase photochimique ne débarquent pas par magie : un électron, c'est de la matière, ça a une charge et une masse, **donc ça ne peut pas provenir de la lumière** ! La distinction entre photon et électrons est-elle bien claire pour tout le monde ?
 - Erreur lue plusieurs fois : la phase non photochimique (= « sombre ») **n'a pas lieu la nuit**, et **n'a rien à voir avec la respiration** ! (ni avec la photorespiration)
- L'acide abscissique (ABA) **n'est pas une protéine** (c'est une petite molécule organique), et c'est une **phytohormone**.
- L'expérience de la bougie qui ne s'éteint pas parce qu'une plante entretient la formation d'O₂ est un mythe... à éviter ! Elle ne fonctionne pas pour des raisons quantitatives : une bougie consomme beaucoup trop d'O₂ par rapport à la production d'O₂ par une plante de petite taille.
- Fonctionnement du méristème : les couches (L1, L2, L3) du méristème **sont à l'origine des tissus du végétal**, mais dire que « L1 est l'épiderme » est faux : le méristème ne comporte que des cellules **non différenciées** !
- Le phototropisme **n'est pas** « une orientation de la feuille au soleil » mais c'est une **croissance orientée de la tige vers la source lumineuse**, grâce au fonctionnement du méristème. L'orientation des feuilles à la lumière en cours de journée, ça existe, ça s'appelle l'héliotropisme, mais c'est hors programme !

NB : quelques abréviations que j'utilise dans mes corrigés :

- © : corrigé à faire et à rendre (une sous partie, avec 1 argument, 1 concept, 1 schéma)
- FV : facteur variant
- FV → PM : influence du facteur variant sur le paramètre mesuré
- LMOUS : les mots ont un sens (et manifestement pas celui que vous leur donnez)
- md : mal dit
- PM : paramètre variant
- PII : phrase interrogative indirecte
- PS : photosynthèse ou photosystème, selon le contexte
- SB : sève brute
- SE : sève élaborée
- tmd : très mal dit
- whaaaat ?? : une énormité... ne faites plus ça. Jamais !

C. Exemple de rédaction (à la main) d'un paragraphe idéal

① 3. PHASE NON PHOTOCHEMIQUE ET AUTOTROPHIE POUR LE CARBONE

MISE EN EVIDENCE

EXPERIMENTALE

On cultive des chlorelles avec du $^{14}\text{CO}_2$ à la lumière, et on les ébouillante après des temps variables. On révèle les molécules radioactives : pour les temps les plus courts, la seule molécule radioactive est le 3-(P)-glycérate (3PG).

La phase non photochimique consiste donc en une carboxylation d'une molécule X inconnue :



Le cycle de Calvin a depuis été élucidé par des expériences complémentaires, et on sait que X est le ribulose-bis-(P) (RuBP).

CONCEPT

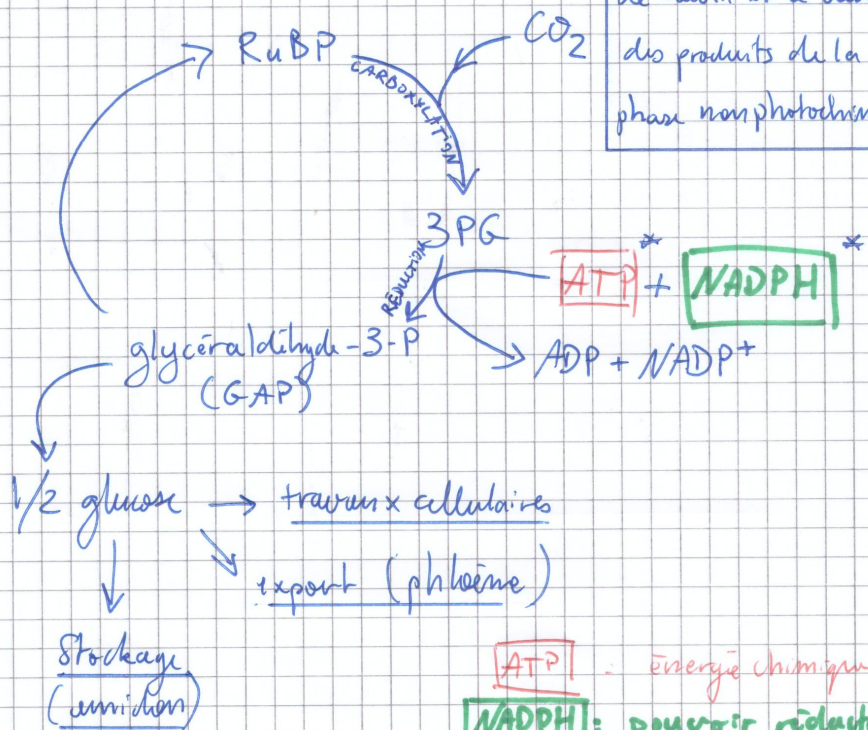


Schéma 3: Le cycle de Calvin et le devenir des produits de la phase non photochimique

ATP^* : énergie chimique
 $[\text{NADPH}]^*$: pouvoir réducteur
 * proviennent de la phase photochimique

D. Exemple de corrigé

Introduction

Au printemps en climat tempéré, la reprise du développement végétatif des Angiospermes (plantes à fleurs) s'accompagne de la **formation de nouvelles feuilles**, des **organes caulinaires** de grande surface et de faible épaisseur dont la principale fonction est la **photosynthèse**. Pour autant, la feuille est également en contact, et on le verra, en relation, avec le **milieu aérien**, qui comporte de **nombreuses contraintes**.

Pb : comment la feuille assure-t-elle sa fonction photosynthétique, et comment le développement post-embryonnaire permet-il la formation de structures adaptées à cette fonction, tout en répondant aux contraintes du milieu aérien ?

On montrera d'abord que la feuille est adaptée à sa **fonction photosynthétique**, de l'échelle moléculaire à celle de l'organisme. On verra ensuite que l'ensemble des structures de la feuille sont formées par le fonctionnement contrôlé du **méristème apical caulinaire** (MAC) végétatif. On montrera enfin que la feuille, par sa position au cœur du milieu aérien, possède de **nombreuses adaptations** permettant à la plante de **répondre aux contraintes de ce milieu**, dans des processus qui allient finement les fonctions de relation, de reproduction et de nutrition.

I. La feuille, un organe adapté à la photosynthèse

1. Stomates et sève brute acheminent les réactifs de la photosynthèse

- structure d'un stomate ; schéma fonctionnel de la diffusion du CO_2 à travers l'ostiole, et de l'évapotranspiration (principal moteur de la montée de sève brute)
- argument possible :
 - mise en évidence de l'évapotranspiration stomatique par le chlorure de cobalt ;
 - mise en évidence de la photosynthèse par le lugol sur des feuilles décolorées à l'éthanol

2. Phase photochimique et production de pouvoir réducteur

- photosynthèse : chaîne de transport d'électrons, quelques mots sur l'antenne collectrice et les pigments photosynthétiques
- argument possible : expérience de Hill

3. Phase non photochimique et autotrophie pour le carbone

- grandes lignes du cycle de Calvin, quelques mots sur la RuBisCO
- argument possible : expérience de Calvin (chlorelles cultivées dans un milieu riche en $^{14}\text{CO}_2$, analyse par chromatographie bidimensionnelle de la première molécule formée, le 3PG)

4. La feuille est un organe source à l'origine de la nutrition carbonée et toute la plante

- Ici ou ailleurs : bilan de la photosynthèse
- Notion d'organe source, transport par le phloème
- charge du phloème, mécanisme de circulation de la sève élaborée
- stockage sous forme d'amidon

II. La feuille, un organe formé par le méristème apical caulinaire

1. Le MAC est organogène

- formation d'un phytomère, comprenant notamment une feuille
- phyllotaxie et fonctionnement du méristème

2. De la cellule méristématique à la cellule différenciée

- méiose : mitose (mécanismes détaillés : hors programme de devoir, mais il faudra les traiter le jour du concours)
- auxèse : augmentation du volume cellulaire
- structure du méristème en 3 couches, devenir des cellules (en terme de tissus primaires de la feuille). Mentionner le procambium, et la future croissance secondaire dans les feuilles.
- différenciation : distinguer les parois primaires (cellules indifférenciées) des parois secondaires lignifiées (cellules différenciées)

3. L'importance de l'auxine dans le développement de la feuille

- si pas fait plus haut : phyllotaxie

- modes d'action de l'auxine : long terme (génétique), court terme (acidification des parois et baisse du potentiel hydrique des vacuoles)

III. La feuille, un organe clé dans les relations entre la plante et son environnement abiotique

1. La feuille est adaptée aux contraintes du milieu aérien

- MEE de la cuticule, des tissus de soutien
- turgescence et paroi : hydrosquelette
- ouverture/fermeture des stomates : mécanismes

2. Des adaptations particulières à des milieux particuliers

- adaptations aux milieux secs : hydrenchyme, tissus de soutien développés, poils protégeant les stomates, repliement des feuilles...

3. La feuille : aux premières loges de la perception des fluctuations du milieu

- MEE de la production de florigène par la feuille, et de son transport par le phloème
- photopériodisme : perception par la feuille via le phytochrome
- vernalisation : perception par la feuille et contrôle épigénétique de l'expression de FLC

Conclusion

(bilan du I) La feuille permet donc la photosynthèse, c'est-à-dire la production de matière organique à partir du CO₂ (absorbé par les stomates) et de l'eau (apportée par la sève brute), grâce à des réactions dépendant (chaîne de transport d'électrons) ou indépendantes (cycle de Calvin catalysé par la RuBisCO) de la lumière. Cette production organique est distribuée à tout le végétal via le phloème.

(bilan du II) C'est le méristème apical caulinaire qui est à l'origine de la formation des nouvelles feuilles, par un fonctionnement itératif également à l'origine de la phyllotaxie. L'auxine est une phytohormone impliquée à la fois dans la mérése (divisions cellulaires) et l'auxèse (allongement cellulaire), deux processus qui aboutissent à la différenciation cellulaire à l'origine des nombreux types cellulaires permettant à la feuille de remplir sa fonction.

(bilan du III) Le milieu aérien est desséchant, peut porter et fluctuer. C'est la feuille, organe fin et fragile, qui est directement impliquée dans la perception et la réponse à ces contraintes, en particulier par des adaptations permettant de limiter le dessèchement et d'assurer le port. C'est également la feuille qui perçoit (soit par la photopériode, soit par la perception directe du froid) les fluctuations saisonnières et y répond en contrôlant (par une phytohormone, le florigène) la floraison.

(bilan général)

(ouverture 1 – évolution) Chez de nombreuses espèces d'Angiospermes, la feuille peut adopter d'autres fonctions, comme celle de réserve (dans les bulbes des Alliées par exemple) ou de reproduction (reproduction asexuée chez de nombreuses malacophytes, comme les plantes du genre *Kalanchoe*). Il s'agit dans ce cas d'exaptations (acquisition d'une nouvelle fonction – réserve ou reproduction – à partir d'une fonction ancestrale – photosynthèse).

(ouverture 2 – agronomie de guerre) Des molécules de synthèse, appelées défoliants, sont utilisées en agronomie pour détruire les feuilles, et donc supprimer des plantes indésirables. Parmi elles, l'agent orange a été massivement utilisé par l'armée des USA durant la guerre du Viet Nam pour détruire la forêt tropicale, cachant supposément des résistants vietnamiens, constituant selon certaines sources un crime de guerre.

(ouverture 3 – écologie et pharmacologie) La feuille, organe fin et fragile, très largement accessible pour les herbivores, constitue une nourriture fondamentale pour les consommateurs primaires, et donc un des principaux points d'entrée de la matière organique dans les réseaux trophiques des écosystèmes aériens. De très nombreuses angiospermes se protègent cependant contre cette herbivorie par des poisons, si bien que les feuilles de angiospermes sont une source presque inépuisable de toxines en tout genre (cyanure chez le laurier-cerise, digotoxine chez la digitale, atropine chez la belladone...).

(ouverture 4 – sols) La durée de vie d'une feuille (y compris chez les espèces à feuilles persistantes) est faible, si bien que les couches supérieures du sol reçoivent une quantité considérable de feuilles mortes (litière). L'humus constitue la principale forme de matière organique des sols, et contribue de façon majeure au fonctionnement des sols. Il est très largement dérivé de la dégradation microbienne de cette litière.