

Chapitre 1

Introduction à la rédaction en sciences

Pour plus de clarté, les concepts importants seront notés en gras, les exemples en italique.

I. DE LA BONNE PRATIQUE DU FRANÇAIS

A. Apprendre à écrire

1. Structure des rédactions

Ce n'est pas parce que le travail à effectuer concerne des matières scientifiques que les bases de français doivent être oubliées :

- **Les phrases doivent rester simples.** Une phrase contient un sujet un verbe et un complément. Elle commence par une majuscule et finit par un point. Une phrase ne fait pas quinze lignes et une phrase contient au maximum sept mots
- **Une idée par paragraphe** Un paragraphe est un ensemble de phrases qui sert à exprimer une idée **unique**. Chaque phrase ne donne pas lieu à un changement de ligne. Pour plus de clarté, pensez à bien identifier vos paragraphes en réalisant des indentations et/ou en passant une ligne. Vous ne devez jamais commencer un paragraphe par des mots comme "par exemple", "en fait", "en effet" car cela se rapporte au paragraphe précédent et donc à la même idée.
- **Les règles d'orthographe et de grammaire s'appliquent même en sciences.**
- Les mots en anglais sont à écrire dans un anglais correct ? Vous ne devez pas mettre d'accents.

2. Rédiger en sciences

La rédaction en sciences se doit d'être efficace :

- **Rester passif** : Le "nous" ou le "je" peuvent être utilisés dans des cas très particuliers de présentation du travail effectué mais préférez la forme passive. *Par exemple, au lieu de "on a mélangé la solution" écrivez "la solution a été mélangée".*
- **Être précis dans son vocabulaire** : Pour tout processus, il y a un mot et un seul qui définit celui-ci. Il n'est donc pas nécessaire en sciences de chercher des synonymes pour varier le vocabulaire.
- **Être concis** En science, les phrases courtes et efficaces sont plus percutantes que des phrases longues et alambiquées. Les faits sont les faits.
- **Être précis dans ses exemples** : En science, les effets d'annonce comme les points d'interrogation ou les points de suspension ou le "etc" sont peu appropriés. Il est bienvenu de mettre directement l'idée. Ne mettez pas des questions dans les introductions, les objectifs ou les hypothèses : *"comment peut-on obtenir un gel ?" NON vous expliquez comment vous faites le gel.*
- **Des titres parlants** : Les titres en sciences doivent donner la conclusion ou l'idée de votre partie et ne doivent pas poser une question ou laisser une question en suspens.
- **La science n'est pas littéraire** : La métaphore est un outil difficile à manier dans des données scientifiques à l'écrit. Elle sert uniquement à vous faire comprendre les choses dans un discours oral.
- **Halte au finalisme** : Le finalisme est interdit. *Par exemple : les organes n'ont pas de volonté propre, la terre ne réfléchit au meilleur moyen d'être à l'équilibre, les espèces ne se réunissent pas pour discuter de leur évolution.*
- **On nez-cri pas kom sa OMG** : Les abréviations sont à proscrire, le langage SMS n'est pas évolution de la langue française, les acronymes ne sont qu'un moyen d'exclure les non initiés de votre discours. Les mots sont donc écrits en entier dans

le respect de leur orthographe même si vous devez les écrire de nombreuses fois. Seuls les noms des molécules est toléré sous forme d'acronymes.

D'une façon générale, il y a un vocabulaire scientifique qui doit s'imposer dans vos rédactions : il doit y avoir un filtre entre ce que vous dites "à l'oral" dans votre tête et ce que vous retranscrivez sur vos copies. *Par exemple : un rayon lumineux ne fait pas l'aller-retour entre l'atmosphère et le sol, un rayon lumineux est réfléchi ou réfracté ou absorbé ; une bactérie ne fait pas subir des "séances" à l'organisme, une bactérie est à l'origine de lésions tissulaires, le système immunitaire ne protège pas votre "corps" mais votre organisme.* Votre discours doit être adapté au support qu'il utilise. Il y a un vocabulaire propre à l'écrit et des digressions sont tolérées à l'oral et parfois propices à captiver l'auditoire. Elles ne seront pas tolérées à l'écrit.

B. Apprendre à lire

La lecture est l'étape de base dans la compréhension d'un texte scientifique. Trop souvent les étudiants ne lisent pas les énoncés ou les cours **en entier** ou ne cherchent pas le sens des mots qu'ils ne connaissent pas. Il est essentiel de vous munir d'un dictionnaire (manuel qui répertorie et définit l'ensemble des mots d'une langue) afin d'améliorer votre vocabulaire. Nombre d'entre vous utilise des supports numériques pour apprendre. Il est ainsi extrêmement aisé de recherché le sens des mots.

Pour progresser, il faut lire beaucoup de sources scientifiques. Pour commencer vous pouvez lire les revues de vulgarisation : "Pour la science" ou "La recherche" ou en anglais "Scientific American". Pour continuer, lisez les articles de "Nature" ou "Science" relatifs à votre sujet.

II. DE LA BONNE PRATIQUE DE L'ANGLAIS

La langue des sciences est l'anglais. Beaucoup de termes scientifiques sont définis en anglais avant de trouver leur équivalent dans les autres langues. Vous devez donc être capables de lire des articles et des livres en anglais, vous devez vous approprier le vocabulaire scientifique en anglais. Pour cela :

- utilisez les manuels en anglais
- lisez des articles ou des revues
- regardez des films ou des séries en anglais sous-titré en anglais.
- Lisez vos livres préférés en anglais
- Entraînez vous à parler anglais entre vous ou trouvez des événements sociaux où le faire

Ne pas pouvoir utiliser l'anglais vous prive de la plupart des sources d'information scientifique. C'est exigible pour tous les scientifiques.

III. SOURCES D'INFORMATION SCIENTIFIQUES

A. Les sources d'information

Un scientifique doit savoir trouver des sources d'informations fiables pour compléter ses connaissances sur une question. La source d'information principale de l'étudiant est le cours de l'enseignant mais souvent ce cours, même s'il contient des réflexions personnelles de l'enseignant, se base sur des sources scientifiques qui ont été relues et vérifiées par d'autres scientifiques. **Le cours de l'enseignant ne peut être une source d'information citée dans les rapports que vous rendez. Il n'a pas été vérifié et relu par d'autres scientifiques.** Les étudiants doivent apprendre, en plus du cours qui donne une version pédagogique du contenu à maîtriser, à travailler en parallèle sur les sources d'informations officielles.

Quatre types de sources d'informations sont officielles :

- **Les livres** : les livres sont relus avant édition. Il faut tout de même être vigilant sur la date de parution du livre. Les livres sont rarement à jour sur les connaissances scientifiques et même si les grands concepts sont justes, les détails peuvent avoir été précisés dans les années qui suivent l'édition ou alors les connaissances complétées. De plus, les livres écrit en anglais doivent être de préférence lues en anglais, des coquilles se glissent souvent dans les versions traduites en français.
- **Les revues scientifiques** : Les revues scientifiques sont publiées dans des magazines à destination d'un public de professionnels. C'est un état de l'art (un bilan) des connaissances dans un domaine donné ou sur une problématique donnée à un moment précis. Elles contiennent souvent aussi des propositions de modèles biologiques à partir de tous les résultats obtenus en recherche. Elles ont l'avantage de donner des références bibliographiques vers les articles scientifiques. Les revues sont révisées avant publication par des scientifiques spécialisés dans le domaine.
- **Les articles scientifiques ou articles de revue** : Les articles scientifiques sont la publication des résultats expérimentaux obtenus dans les laboratoires de recherche. C'est la base de l'information. Les articles sont révisés avant publication également par des scientifiques du domaine. Ils sont facilement reconnaissables car ils contiennent une introduction, un matériel et méthode, des résultats, une discussion et une conclusion la plupart du temps. Dans des formats particuliers d'articles courts, cette structure n'est pas respectée ("*Letters to Nature*" par exemple).
- **Les sites institutionnels** : Certains sites internet sont des sources d'information fiables mais ils sont peu nombreux : les sites gouvernementaux, les sites des instituts

de recherche ou les sites des grandes organisations comme la World Health Organisation (WHO) ou encore ORPHANET sur les maladies orphelines. Dans le doute, ne prenez pas d'information sur un site internet. Les cours en ligne des enseignants n'ont pas non plus été relu et ne sont donc pas des sources d'information.

Les livres sont consultables dans les bibliothèques universitaires qui sont ouvertes à tous. Les revues et les articles scientifiques sont publiés dans des magazines spécialisés triés selon leur facteur d'impact. Ce facteur d'impact est calculé sur la base du nombre de fois où les articles provenant du magazine sont cités dans d'autres articles. Cela signifie que certains magazines sont mieux classés et que globalement le public scientifique leur fait plus confiance. Dans les grands magazines vous avez par exemple Nature, Sciences, EMBO, PNAS, Cell ou Nature Geoscience. Pour chercher des articles scientifiques en biologie, il est conseillé d'utiliser le moteur de recherche **pubmed** (proposé par l'organisation NCBI qui propose aussi des outils de bioinformatique et des bases de données génomiques) ou web of science. Certains articles ou revues sont en consultation libre alors que d'autres sont payants. Vous pourrez éventuellement les trouver dans des bibliothèques universitaires.

B. La citation

1. Le principe

Outre des données personnelles obtenues expérimentalement ou des idées personnelles, tout ce que vous écrivez est issu du travail de recherche et d'analyse d'autres personnes. Vous devez donc citer votre source d'information abrégée à la fin de chaque paragraphe ou partie si c'est toujours la même source. Cela peut être à la fin de chaque phrase si vous vous référez à un article particulier. Vos figures doivent également être référencées. Si vous prenez la figure exacte d'un livre, d'une revue, d'un site ou d'un article alors vous mettez la référence abrégée uniquement. Si vous avez utilisé une figure en modèle alors vous écrivez "d'après suivi de la référence abrégée". Si vous utilisez les mots exacts publiés dans une source d'information alors vous devez non seulement mettre la référence abrégée mais aussi mettre le texte entre guillemets.

2. Le format de citation dans le texte

Afin que le texte reste lisible, la source n'est pas écrite en entier dans le texte elle est abrégé et renvoie à une bibliographie située à la fin du document. Il y a deux grandes façons d'abrégé :

(a) Vous numérotez votre citation dans la bibliographie en veillant bien à ce que les

références soient numérotées dans l'ordre d'apparition dans le texte. Dans ce cas, seul le numéro est reporté entre parenthèses ou en exposant dans le texte. Ce sont les formats respectifs de *The Journal of Immunology* et *Nature*.

(b) Vous mettez dans le texte le nom du premier auteur suivi de l'année de publication. Comme souvent l'auteur n'est pas seul alors le nom est suivi de "et al." (en italique) si la référence est en français ou "et col." (pas en italique) si la référence est en anglais. Par exemple, cela pourra donner : (Garlatti, V. *et al.*, 2017).

3. Le format de citation dans la bibliographie

Les formats exacts de citation dans la bibliographie avec l'ordre des données dépend du magazine considéré. Néanmoins, les informations à fournir sont une constante :

- Pour un article ou une revue scientifique : vous devez mettre tous les auteurs, l'année de publication, le titre, le magazine (souvent en version abrégée, *par exemple : J.Immunol. pour The Journal of Immunology*), le numéro de volume voire entre parenthèse le numéro d'*issue* ainsi que les numéros de pages. Parfois, le numéro pubmed ou le DOI est ajouté. Par exemple, voici deux formats :
 - Nature :
 1. Cookson W. The immunogenetics of asthma and eczema : a new focus on the epithelium. *Nature Rev Immunol.* 2004 ; 4 :978–988. [PubMed : 15573132]
 - The Journal of Immunology :
 1. Smith, K. A., P. E. Baker, S. Gillis, and F. W. Ruscetti. 1980. Functional and molecular characteristics of T-cell growth factor. *Mol. Immunol.* 17 : 579–589.
- Pour un livre : vous devez mettre tous les auteurs, le titre, l'année d'édition, le numéro de l'édition, l'éditeur et la pays :

Janeway, C.A., Travers, P., Walport, M., Shlomchik, M. (2001) *Immunobiology, The immune system in health and disease* Garland Publishing, fifth edition, United State
- Pour un site internet, vous mettez le lien du site ainsi que la date de consultation.

IV. LES FORMATS DE DOCUMENTS QUE VOUS AUREZ À RÉDIGER

A. Les analyses de résultats : vers l'article scientifique

L'analyse des résultats scientifiques prend plusieurs formes. Vous pouvez avoir des **résultats obtenus par d'autres personnes** à analyser en travaux dirigés ou en exa-

men. Dans ce cas, vous rédigez juste la partie classiquement appelée "résultats" dans les autres documents.

Vous aurez à rédiger des **compte-rendu de travaux pratiques** qui vous amèneront vers la rédaction d'articles scientifiques. Un compte-rendu complet contient plusieurs parties : (a) le résumé (b) l'introduction (c) le matériel et méthode (d) les résultats (e) la discussion (f) la conclusion suivie de la bibliographie. Vous pouvez aussi avoir des annexes qui correspondent aux "*supplemental data*" disponibles dans certains articles (détails sur l'obtention des données ou résultats supplémentaires).

B. Les synthèses de connaissance : vers la revue scientifique

L'exercice de synthèse est encore appelé dissertation. Cet exercice est un entraînement pour l'écriture de revues car il apprend à organiser ses connaissances. C'est un format qui est prépondérant dans les concours enseignant mais aussi dans les concours d'accès aux grandes écoles après les classes préparatoires BCPST. Il permet d'apprendre à organiser ses idées, ses connaissances et à les présenter sous un angle original. Les synthèses doivent comporter une introduction, un développement (organisé en parties et sous-parties) et une conclusion. Classiquement, sur le modèle des dissertations de français et de philosophie, le développement contient trois grandes parties (thèse, anti-thèse, synthèse) divisées en trois sous-parties. C'est une organisation typiquement française. Néanmoins, il est important de ne pas être totalement psycho-rigide et de se souvenir que cette organisation considérée "idéale" ne doit pas se faire au détriment du propos et de la démonstration scientifique. D'un façon plus générale, il faut minimum 2 et maximum 4 voire cinq parties. Contrairement aux écrits de français, le plan est apparent avec des titres et de sous-titres. Des schémas des processus biologiques sont vivement recommandés.

C. Les synthèses de documents : vers la revue scientifique

La synthèse de document est un exercice qui nécessite des connaissances et une capacité d'analyse des documents. Souvent les sujets comportent la mention "à la lumière de vos connaissances, analysez les résultats présentés". Vous devez donc le plus souvent réaliser une introduction, un développement et une conclusion. Le plan du développement doit être apparent et les documents fournis doivent guider ce plan et votre raisonnement. Vous devez analyser les documents selon une démarche scientifique mais aussi compléter l'analyse avec vos connaissances.

Chapitre 2

La synthèse de connaissances

I. ANALYSE DU SUJET ET ORGANISATION DE L'EXAMEN

A. Analyse du sujet

Les sujets de synthèse se limitent en général à une phrase, un mot, un groupe de mots. Malgré cette faible longueur, ils nécessitent une analyse fine de chaque terme qui n'est pas choisi au hasard. Plusieurs grands types de sujets existent :

- **Les sujets qui donnent un grand domaine de connaissances à expliciter**, *par exemple, "l'ARN"*. Ces sujets n'imposent pas de problématique ou d'orientation dans le plan. C'est donc à l'étudiant de définir une problématique intéressante et originale.
- **Les sujets plus complets qui imposent une problématique** : *Par exemple : "L'ADN, support de l'information génétique"*. Le sujet explicite la démonstration qu'attend le correcteur : démontrer le rôle de l'ADN comme support de l'information génétique.
- **Les sujets de comparaison** : *Par exemple : "Comparaison ADN/ARN"*.

Chaque sujet contient un terme principal, coeur du sujet et éventuellement des limites. Il peut aussi y avoir des petits mots essentiels. *Par exemple, dans le sujet : les membranes biologiques dans les cellules eucaryotes, le coeur du sujet est "membrane". Le complément "dans les cellules eucaryotes" limite le sujet en excluant les procaryotes. L'article "les" est le petit mot essentiel qui rappelle que le sujet ne concerne pas uniquement la membrane plasmique.*

B. Organisation de l'examen

Vous devez commencer par faire cette analyse du sujet puis vous devez définir tous les termes importants du sujet afin de ne pas passer à côté de la question. Ensuite,

vous devez trouver des idées. Pour cela, il est conseillé de faire un schéma euristique qui permet de mobiliser les connaissances. Vous placez au centre d'une feuille, le coeur du sujet puis vous mettez autour les idées qui vous viennent au fur et à mesure. Une fois cela réalisé vous vérifiez qu'aucune idée ne dépasse les limites du sujet. Enfin vous essayez de relier ces idées entre elles pour écrire votre plan.

Une fois le plan réalisé, il faut rédiger l'introduction et la conclusion. Evitez de tout rédiger au brouillon, ne mettez que les idées et rédigez directement au propre pour une épreuve en temps limité.

Il est important de gérer correctement le temps au cours de l'examen. Il est conseillé, sur un examen de trois heures, de passer au maximum une heure pour préparer le plan, l'introduction et la conclusion. Le reste du temps doit être séparé entre vos parties. D'un point de vue stratégique, si possible, ne mettez pas les points les plus importants du sujet dans la dernière partie pour laquelle vous risquez d'être juste en terme de temps.

II. LA RÉDACTION

Une dissertation est une démonstration. Vous devez démontrer votre position et argumenter. Vous devez donc appuyer votre réflexion sur des connaissances précises, il ne s'agit pas d'écrire des lignes et des lignes de banalités qui vous paraissent jolies ou intelligentes. Il faut réunir des faits scientifiques établis.

A. Introduction

L'introduction doit placer le sujet dans son contexte et donner tous les éléments nécessaires à la compréhension par le lecteur. Une introduction est organisée en "entonnoir". Elle commence par le contexte général avec les définitions nécessaires pour amener à la problématique et enfin à comment cette problématique sera traitée. L'introduction se réalise donc en trois étapes :

- (a) Amener le sujet : C'est la partie la plus longue. Il y a deux façon d'amener le sujet soit en se plaçant d'un point de vue historique soit en se plaçant dans un contexte scientifique. Il doit contenir toutes les définitions nécessaires à la compréhension et aider le lecteur à comprendre l'intérêt de la question posée. **ATTENTION** : Il est strictement interdit de commencer une introduction par des bêtises du type : " *De tout temps l'homme*" ou "*l'organisme a toujours*" ou "*Depuis que la vie existe*".
- (b) Poser la problématique : Cette partie est plus courte. Elle explicite la problématique et les questions qu'elle pose. **ATTENTION : on ne pose pas de questions avec un point d'interrogation.**
- (c) Exposer la réflexion suivie : le plan suivi pour le développement expose la réflexion, cette partie consiste donc à présenter les grandes parties du sujet. Elle doit mettre en valeur votre raisonnement.

Voici par exemple ce qu'il est proscrit de faire. Le sujet était un sujet de CAPES blanc : "Les convections" et la copie est une vraie copie. Attention la plupart des connaissances exposées sont fausses.

Nous estimons l'âge du Big Bang à 13.8 milliards d'années. De cet événement est né l'univers. L'histoire de notre planète a commencé il y a 4.5 milliards d'années, ce sont des étoiles mortes qui sont à l'origine de notre système solaire qui s'est formé à partir de leurs débris, expulsés dans la galaxie, pour former un nuage moléculaire composé de gaz et de poussières.

Pendant 10 milliards d'années ce nuage de poussières va se rétracter sous sa propre gravité devenant de plus en plus chaud : c'est ainsi que naît le soleil. Parallèlement les éléments les plus lourds s'agglomèrent pour former des planètes. Ces dernières s'entrechoquent et se combinent et se forme notre future Terre, balayée par les vents solaires et atteignant une température de 5000C. L'eau terrestre arrive quand à elle moins de 150 millions d'années après la naissance de celle-ci et on estime son volume à 1.4 milliards de km³. Il fait à présent 90C sur Terre, et il y a de l'eau .. mais toujours pas d'oxygène. Il faudra pour cela attendre plus d'un milliard d'années. Ce sont des stromatolithes, dont la partie vivante transforme le gaz carbonique en oxygène, qui vont se charger de ce travail. Mais au lieu de se répandre dans l'atmosphère, l'oxygène réagit d'abord avec le fer des océans et précipiter sous forme de rouille. Cette rouille va tomber au fond des océans pour devenir de la roche. Ces dernières ont ainsi accumulé plus de deux fois la quantité d'oxygène qui se trouve dans l'atmosphère ! Ce n'est qu'une fois que tout le fer a réagi que l'oxygène commence à gagner l'atmosphère. A partir de -2.5 milliards d'années et jusqu'à -500 millions d'années, la teneur en oxygène va lentement augmenter.

Notre Terre a subi de multiples transformations depuis sa naissance et par exemple, la répartition des continents est un bon exemple de la dynamique mantellaire. Les convections de notre planète sont de 3 grands ordres : les convections atmosphériques, océaniques et terrestres. Aussi, pour aborder ce thème le plus globalement possible et pour comprendre la complexité des phénomènes géologiques, il est nécessaire d'aborder ces trois thèmes car ils sont interdépendants les uns des autres.

Aussi nous aborderons ces 3 parties avec leurs sous parties respectives : au sein de chaque thème seront traités les caractéristiques et paramètres des processus convectifs, les moteurs de convection et les conséquences des processus convectifs.

Pour débiter cet exercice, vous organiserez votre introduction de façon à ce que **chaque de ces étapes constitue un paragraphe**. Avec l'expérience, la première étape donne lieu à plusieurs paragraphes alors que les deux dernières étapes peuvent fusionner dans le même paragraphe.

B. Développement

1. le plan

Le plan est une étape fondamentale. La structure devra être apparente avec des titres et de préférence des numérotations pour éviter que le correcteur ne se perde. Le plan répond au sujet et il y a des consignes techniques sur ce qu'il faut faire et ne pas faire :

- **Trois parties** : Le plan idéal fait trois parties du type thèse/anti-thèse/synthèse et chaque grande partie comprend trois sous-parties. Bien sûr, cela n'est pas une obligation absolue et il faut toujours privilégier le raisonnement et le contenu.
- **Une sous partie, une idée** : Chaque sous partie ne contient qu'une seule et unique idée pas un fourre tout qui consiste à ré-écrire tout son cours sans trier les informations.
- **Attention aux comparaisons** : Un sujet de comparaison ne doit jamais séparer les deux objets à comparer. Cela signifie que chaque sous-partie compare un point sur les deux objets à comparer. *Par exemple, les plans du type : I. Objet a ; II Objet b III. comparaison ont le I et le II hors sujet. De même, si les sous parties sont du type 1. objet a 2. objet b 3. comparaison alors les deux premières sous-parties sont hors-sujet.*
- **Pas de catalogues** : Il est interdit de faire des plans catalogues (liste de tous les cas possibles sans aucun concept derrière). *Par exemple, si vous avez un sujet sur "les enzymes dans le monde vivant" vous n'allez pas faire un plan du type : I. Les hydrolases I.a les protéases 1b les phospholipases.* Ce n'est pas très intéressant. Le plan doit être basé sur des concepts généraux sur les enzymes. *Par exemple, I. Les enzymes : des vitesses de réaction compatibles avec la vie I.a Des catalyseurs biologiques 1b Cinétique ou thermodynamique*
- **Pas de séparation structure, fonction** : Il est interdit de séparer la structure d'une molécule, d'une cellule, d'un organe, d'un tissu de sa fonction. Les plans du type I. Structure II. fonction seront donc sanctionnés. C'est un plan qui est souvent appliqué dans des enseignements pour plus de clarté pédagogique.

- **Pas de sous partie exemple** : Il est interdit de faire des sous-parties du type : "exemple de l'ARN polymérase procaryote". Le mot exemple dans un titre n'est pas admis.

2. Les titres

Les titres de vos parties et sous-parties doivent bien expliquer l'idée que vous soutenez. Vous pouvez faire un phrase ou alors un ensemble de mots. Evitez tout de même les phrases de plusieurs lignes, c'est assez désagréable à lire. Un titre clair permet au correcteur si vous n'avez pas le temps de finir de bien voir l'ensemble de votre réflexion.

3. Les sous-parties

Chaque sous-partie correspond à une idée. Elle s'organise de la façon suivante :

- **Une introduction** : une phrase d'introduction expliquant l'idée
- **Un exemple** : quelques phrases expliquant un exemple illustratif typique de l'idée
- **Un schéma** : un schéma détaillé de l'exemple choisi. La figure doit faire une taille raisonnable et lisible (une demi page), être légendée correctement et avoir un titre. Un schéma peut éventuellement servir à plusieurs sous-parties.
- **Elargir à d'autres exemples** : une phrase donnant d'autres exemples rapidement de façon à montrer que vos connaissances ne se limitent pas à cet exemple.

Quand vous faites cet exercice en temps limité (en examen), il est déconseillé d'écrire de longs textes expliquant l'exemple en plus d'une figure. La figure sert à gagner en temps et en précision. Au contraire, quand vous rédigerez des documents sans temps limité, vous devrez à la fois expliquer de façon complète mais efficace dans le texte et faire une figure avec une légende explicite de façon à ce que les deux supports puissent être lus et compris indépendamment.

4. Exemple de ce qui faut pas faire

Là encore je tire l'exemple d'une copie de CAPES blanc

C'est un ensemble de mouvements (verticaux ou horizontaux) générés dans une masse fluide (liquide ou gazeux) du fait des différences de densité en divers endroits de la masse, et aux différences de température. La convection est un déplacement de matière qui implique un transfert et un déplacement de chaleur induisant ainsi un mou-

vement. **Les courants de convection ont une grande importance.** Ce sont principalement eux qui régissent la circulation atmosphérique et océanique : les vents et les courants marins sont des courants de convection. *Titre de la sous-sous partie : Qu'est ce que la convection*

*C'est un ensemble de mouvements (verticaux ou horizontaux) générés dans une masse fluide (liquide ou gazeux) du fait des différences de densité en divers endroits de la masse, et aux différences de température. La convection est un déplacement de matière qui implique un transfert et un déplacement de chaleur induisant ainsi un mouvement. **Les courants de convection ont une grande importance.** Ce sont principalement eux qui régissent la circulation atmosphérique et océanique : les vents et les courants marins sont des courants de convection.*

Voici un schéma très simple qui résume ce système [...]

C. Conclusion

La conclusion est un exercice souvent très mal réalisé pour plusieurs raisons. Elle est rédigée en dernier alors que le temps est très court (au lieu d'être rédigée au début). Comme elle reprend les idées du devoir, elle répète des idées déjà données et cela semble répétitif. Peu importe, le lecteur peu choisir de ne lire que la conclusion, que l'introduction ou que une ou deux sous-parties qui l'intéresse. Tout doit donc pouvoir être lu indépendamment.

La conclusion contient deux parties :

- **Le bilan** reprend les idées développées et il peut être intéressant d'apporter ces idées sous un autre point de vue mais cela n'est pas obligatoire. C'est la partie la plus longue et elle doit être complète. Elle est souvent bâclée. Un schéma bilan est vraiment le bienvenu.
- **L'ouverture** (ou les perspectives) propose d'autres points à aborder. Il est essentiel de ne pas poser de questions en ouverture. Vous n'êtes pas là pour faire un cliffhanger. Vous ne devez pas poser une question intéressante mais y répondre pour montrer l'étendue de votre réflexion et de vos connaissances. Par exemple, dans un sujet sur les membranes biologiques souvent l'ouverture est sur les parois. Par exemple, une ouverture du type "mais comment sont organisées les parois?" ou "nous pourrions nous demander comment sont organisées les parois" est à oublier. Le correcteur a juste envie de vous dire : "mais explique moi". Vous allez donc mettre un paragraphe expliquant qu'une paroi est une structure autour de la cellule qui n'a pas de rôle de compartimentation car elle est hydrophile et donner sa composition selon les types cellulaires par exemple.

Là encore voilà un exemple de ce qu'il ne faut pas faire. Vous pouvez vous amuser à compter les choses qui ne vont pas.

La Terre est un objet chaud, situé dans un environnement froid (univers). Depuis sa formation, il y a 4,55 milliards d'années, elle tend donc à se refroidir, en évacuant sa chaleur vers l'extérieur. Son refroidissement est d'autant plus lent qu'elle produit constamment de la chaleur par désintégration d'éléments radioactifs. Finalement notre planète utilise les mouvements convectifs dans 3 de ses 4 éléments principaux : l'air, l'eau et la terre. Avec les convections atmosphériques, la création des courants aériens à l'échelle planétaire permet le maintien des climats et le déplacements des masses d'air, entraînant les nuages favorisant des événements climatiques salutaires (moussons) ou délétères (tornades, cyclones). Les vents puissants sont également responsables du déplacement des courants d'eau superficiels qui vont impacter sur les convections océaniques. Ces derniers seront à la source de toute forme de vie (alimentation, transport de planctons, reproduction...). La convection mantellique permettra l'expansion des océans, le développement du volcanisme marin (lui-même source de vie), la modification géologique... Il n'y a pas un seul phénomène de convection sur la Terre, les 3 mouvements sont entièrement interdépendants les uns des autres et permettent à notre planète d'évoluer, de se transformer et d'entretenir toute forme de vie, pour des milliers d'années si l'Homme veut bien la respecter.

Chapitre 3

Les travaux rédigés à base d'étude de résultats scientifiques

I. L'ANALYSE DE RÉSULTATS SCIENTIFIQUES

A. Méthode d'analyse

De nombreux exercices peuvent donner lieu à l'analyse de résultats scientifiques : des documents fournis en travaux dirigés ou des résultats que vous avez obtenus en travaux pratiques.

(a) **Présentation rapide de la méthode suivie (Qu'a-t-il été fait ?).**

Pour toute analyse, vous devez déjà vous demander quelle expérience a été réalisée, si cette expérience est basée sur une hypothèse à infirmer ou confirmer. Tant que vous n'aurez pas compris l'expérience, vous ne pourrez pas avancer. En terme de rédaction, vous devez donc toujours commencer par expliquer rapidement ce qui a été fait.

(b) **Traitement et description des résultats ("Que voyez-vous ?") :**

C'est le travail le plus long et souvent le moins bien réalisé. La plupart du temps, les étudiants cherchent à répondre à la question puis à justifier leur réponse à partir des résultats observés. Leur réponse étant souvent motivée par leurs connaissances. Ce type de démarche est l'inverse de la démarche scientifique. Dans la mesure du possible, il faut regarder les résultats avec le plus d'objectivité possible et en gardant l'esprit ouvert aux autres réponses que celle qui a été envisagée en première lecture. Selon les résultats fournis, vous pouvez ou non avoir encore une étape de traitement des données.

- **Traiter des résultats** : les résultats fournis peuvent n'être que partiellement traités. Par exemple, vous pouvez avoir un tableau de résultats bruts qui nécessitent de réaliser un graphique, de calculer des équations de droites ainsi que des valeurs statistiques. Vous pouvez avoir une image de microscopie avec une échelle et vous pourrez alors mesurer les dimensions des structures observées. Le **traitement chiffré avec une analyse statistique** des données

est une étape essentielle pour décrire les phénomènes que vous observez. Par exemple, vous observez une culture de bactéries au microscope, certaines cellules sont mobiles d'autres non. Il est bien plus pertinent de dire en moyenne sur les préparations observées 50 % des cellules sont mobiles que de dire certaines cellules sont mobiles d'autres non. Cela peut vous permettre de comparer des conditions de culture différentes : en biofilm 5 % sont mobiles contre 90 % en culture liquide. Le mieux est d'avoir suffisamment de répétition des expériences et d'assortir ces chiffres d'écart-types.

- **Identification de chaque échantillon** : Cette étape ne sera pas décrite mais vous permet de comprendre l'expérience. Il est essentiel d'identifier les **témoins** (positifs ou négatifs) ou les **mesures références** ainsi que les échantillons tests. Par exemple, une gamme étalon permettant d'établir la loi de Beer-Lambert ou le marqueur de taille moléculaire sur un gel d'électrophorèse sont des mesures de référence. Si vous marquez une cellule avec un anticorps dirigé contre une protéine d'intérêt, le témoin négatif est la cellule sans anticorps.

- **Description des résultats** : Cette étape est l'étape de rédaction de ce que vous avez traité et observé. Si vous avez traité les données alors vous pouvez faire des tableaux ou des figures pour présenter votre travail. Cette description doit être au maximum quantitative. Par exemple, si les valeurs augmentent, alors vous devez pouvoir dire mathématiquement si cette croissance est linéaire, exponentielle, logarithmique. Si la croissance est linéaire, alors vous devez donner la pente.

- (c) **Interprétation des données (Qu'interprêtez-vous ?)**. Cette interprétation doit coller aux faits observés et ne pas essayer de dépasser les résultats obtenus. L'expérience réalisée avait un objectif, il faut donc donner une réponse aussi précise que possible sur le processus analysé. Parfois, il est possible d'assortir l'interprétation d'un modèle.

B. Les exercices de synthèse à base de documents

Dans des sujets d'étude de documents, vous pouvez avoir deux types de sujets : (a) des sujets avec des questions associées aux documents (b) des sujets de synthèse avec pleins de documents et à vous de les présenter correctement. Dans le premier cas, pour répondre aux questions il faut se référer à la méthode d'analyse vue précédemment. Dans le second exercice, vous trouverez souvent les consignes suivantes : "à la lumière de vos connaissances", "une présentation organisée". Le principe est donc de faire une revue ou une dissertation basée sur les résultats. Les documents fournis doivent donc être intégrés, décrits et interprétés dans une rédaction structurée (titres apparents) répondant à une problématique.

ATTENTION : si la mention "à la lumière de vos connaissances" n'apparaît pas soyez très vigilants car il est difficile de savoir si c'est sous-entendu ou pas. Il est donc conseillé de toujours mettre l'accent sur les documents et de ne pas perdre trop de temps avec les connaissances juste montrer que vous en avez.

1. Introduction

Vous devez faire une introduction sur le principe de la dissertation (vous conférez au chapitre ??).

2. Développement et plan

Le plan doit répondre à la problématique posée en introduction mais aussi et surtout être conforme à la logique des documents fournis. Les documents ne sont pas forcément (voire jamais) dans l'ordre d'utilisation. Le principe du plan est le même que celui appliqué en dissertation, c'est l'organisation des sous-parties qui va un peu changer.

Chaque sous-partie doit répondre à une seule idée. Elle doit de préférence exposer un document à analyser et de préférence un seul sauf cas exceptionnel de deux documents qui présentent la même idée. Dans chaque sous-partie :

- Vous présentez la sous-partie
- Vous utilisez le document pour démontrer le point ou pour l'illustrer (c'est votre figure). Chaque document doit être analysé avec la méthode "Qu'a-t-il été fait ?, Que voyez-vous ?, qu'interprétez-vous ?".
- Vous utilisez vos connaissances pour compléter ou préciser le processus.

3. Conclusion

La conclusion est toujours organisée comme dans une dissertation (chapitre ??). Par contre, il est pertinent de faire un schéma bilan des données que vous ont permis de réunir les documents.

II. LE COMPTE-RENDU DE TRAVAUX PRATIQUES : VERS L'ARTICLE SCIENTIFIQUE

A. Le travail en amont de la rédaction

En amont de la rédaction, vous devez traiter vos résultats :

- Traiter des images obtenues et éventuellement mettre des flèches ou des cadres ou des légendes pour rendre plus compréhensible celle-ci
- Traiter les valeurs obtenues : souvent, vous avez des dosages à réaliser et vous devez calculer des valeurs types à propos de ces dosages. Assurez-vous que ce que vous choisissez de calculer permet bien de caractériser le processus. Par exemple, si vous dosez de l'ADN à partir de 20g de tissu, il faut rapporter la quantité obtenue par unité de masse de tissu. Si les mesures ont été ré-itérées, calculez des moyennes et des écart-types. Dans tous les calculs, il faut toujours être vigilant aux dilutions effectuées, aux unités utilisées, à la pertinence du calcul réalisé.
- Tracez des graphiques ou faites des tableaux bilans. Les tableaux de chiffres sans fin sont à éviter. Un tableau de chiffre est intéressant s'il permet d'informer sur des constantes et de les comparer pas s'il donne vos étapes de calculs. N'oubliez pas de faire attention aux échelles de vos graphiques.
- Réunissez tous vos calculs et vos résultats bruts avec l'explication de ce que vous avez fait dans des annexes.

Vous allez aussi devoir faire un travail bibliographique dans les livres, les revues scientifiques et les articles scientifiques pour compléter vos connaissances et comparer vos résultats à ceux de la littérature.

B. Introduction

Le principe d'introduction reste le même que celui pour les dissertations. L'introduction doit placer le sujet dans son contexte et donner tous les éléments nécessaires à la compréhension par le lecteur. Une introduction est organisée en "entonnoir" : elle commence par le contexte général avec les définitions nécessaires pour amener à la

problématique et enfin à comment cette problématique sera traitée. L'introduction se réalise donc en trois étapes :

- **Amener le sujet** : C'est la partie la plus longue. Il y a deux façon d'amener le sujet soit en se plaçant d'un point de vue historique soit en se plaçant dans un contexte scientifique. Il doit contenir toutes les définitions nécessaires à la compréhension et aider le lecteur à comprendre l'intérêt de la question posée. **ATTENTION** : Il est strictement interdit de commencer une introduction par des bêtises du type : " De tout temps l'homme" ou "l'organisme a toujours" ou "Depuis que la vie existe".
- **Poser la problématique** : Cette partie est relativement courte et consiste à donner la problématique des travaux pratiques, ce que vous comptez mesurer avec les expériences réalisées. Il faut mettre en avant l'objectif du travail réalisé. **ATTENTION** : on ne pose pas de questions avec un point d'interrogation.
- **Exposer brièvement la démarche expérimentale suivie** :

Pour débiter cet exercice, vous organiserez votre introduction de façon à ce que **chacune de ces étapes constitue un paragraphe**. Avec l'expérience, la première étape donne lieu à plusieurs paragraphes alors que les deux dernières étapes peuvent fusionner dans le même paragraphe.

Votre introduction doit être **RÉFÉRENCÉE**. Pour amener votre sujet, les données que vous utilisez ont été obtenues par le biais de livres, de revues ou d'articles. Le renvoi à ces sources doit apparaître dans le texte.

C. Matériel et Méthode

Le matériel et méthode ne doit pas être confondu avec un protocole qui est donné en laboratoire pour faire les expériences. Un matériel et méthode est entièrement **rédigé avec des phrases**. A part exceptionnellement, les figures (tableau ou images) sont à proscrire du matériel et méthode. Le "on", le "nous" et le "je" sont interdits. Certaines méthodes ont été décrites dans des articles et vous pouvez vous référer aux articles d'origine.

D. Matériel

La description du matériel utilisé n'est pas la description de la verrerie ou de l'appareillage. C'est la description du matériel biologique utilisé : les souches de micro-organismes, les enzymes, les séquences des oligonuléotides, les plasmides par exemple. Afin que tous sachent d'où vient votre matériel, vous devez en préciser l'origine : le fournisseur et éventuellement l'activité.

Si très peu de matériel est à décrire, cette partie n'est pas réalisée et l'origine du matériel est précisée dans la partie méthode. Par exemple : les cellules de type macrophage J774 (sigma aldrich) sont mises en culture dans un milieu DMEM supplémenté en sérum de veau foetal (Invitrogène).

E. Méthode

La partie méthode décrit les expériences réalisées. Vous devez faire des phrases efficaces en réunissant au maximum vos expériences dans un même paragraphe. Par exemple, si vous faire la même expérience dix fois en changeant la concentration d'un réactif vous n'expliquez qu'une fois mais en mettant la gamme de concentration utilisée. Seules les concentrations finales doivent être données, parfois entre parenthèse pour ne pas alourdir les phrases. Vous devez utiliser la forme passive le plus souvent possible et être factuels.

Vous ne devez pas :

- Mettre de tableaux
- Parler en volume
- Décrire vos expérience en disant : "nous avons mélangé les deux réactifs" NON "les réactifs ont été mélangés".
- Décrire chaque petite chose que vous faites : le pipetage sauf si c'est le sujet du TP n'est pas intéressant, faire un tampon n'a rien de remarquable par exemple.
- Faire plus d'une page de Matériel et Méthode pour 10h de travaux pratiques.

Un bon matériel et méthode est précis sur les conditions physico-chimiques et concis.

F. Résultats

1. Le plan

Les résultats doivent être organisés en **sous-parties** dont les titres ne sont pas "expérience 1". Les **titres** sont les points clefs des résultats obtenus ; par exemple : une enzyme Mickaëlienne ou un inhibiteur compétitif.

L'ordre de présentation des résultats ne doit pas refléter l'ordre dans lequel vous avez fait les expériences mais l'ordre le plus clair en terme d'analyse : les expériences de mise au point en premier puis dans l'ordre le plus logique possible. L'ordre dans lequel des expériences sont faites peut être purement pratique : les expériences qui demandent le plus de temps d'incubation sont les premières commencées.

C1 activation assay

C1 was reconstituted from purified C1q and the proenzyme C1s-C1r-C1r-C1s tetramer (10). The complex (0.25 μM) was incubated for 90 min at 37°C in 50 mM triethanolamine-HCl, 145 mM NaCl, and 1 mM CaCl_2 (pH 7.4) in the presence of 1 μM C1 inhibitor and varying amounts of IgG-OVA immune complexes, Hp15 (Sigma-Aldrich, Saint Quentin, France), or calf thymus DNA (Invitrogen, Cergy-Pontoise, France). The C1 activation extent was measured by SDS-PAGE followed by Western blot analysis using an anti-C1s Ab (10).

10. Tacnet-Delorme, P., S. Chevallier, and G. J. Arlaud. 2001. Beta-amyloid fibrils activate the C1 complex of complement under physiological conditions: evidence for a binding site for A beta on the C1q globular regions. *J. Immunol.* 167: 6374–6381.

FIGURE 3.1: Exemple de description de méthodes dans un article (1) avec référence à un article antérieur (2)

2. Chaque sous-partie

Chaque sous-partie sert à présenter un type de résultats qui correspondent à la réponse à une hypothèse. Elle doit suivre la même logique que lorsque vous analysez des documents (??) :

- Vous expliquez rapidement l'expérience réalisée et son objectif (un paragraphe)
- Vous décrivez de la façon la plus chiffrée possible vos résultats en vous appuyant sur une figure. Dans cette description, la cohérence statistique des résultats est abordée : le coefficient de corrélation, les écart-types. Cela permet de justifier la pertinence des résultats obtenus.
- Vous interprétez vos résultats.

3. Les figures de résultats

Chaque sous-partie de résultats devrait s'appuyer sur une figure. Cette figure peut être une image, un graphique ou un tableau par exemple. **Une figure doit se suffire à elle-même** c'est-à-dire que le lecteur doit pouvoir comprendre et analyser par lui-même vos résultats à partir de votre figure et cela n'est possible que si elle est correctement légendée.

Outre les indications (flèche, nom des pistes par exemple) portée sur l'image, le graphique ou le tableau, il est essentiel que chaque figure ait un titre avec assorti à ce titre

une légende détaillée de ce que comprend la figure. Le titre est généralement en dessous pour les figures et au dessus pour les tableaux. Dans la légende, vous devez rappeler l'expérience réalisées, indiquer le sens des couleurs, des codifications utilisées, indiquer les marquages réalisés. La figure doit pouvoir être lue et interprétée sans avoir à lire les résultats ou le matériel et méthode.

Les scientifiques ne lisent pas les articles de façon linéaire mais au contraire regardent les parties qui les intéressent en premier pour se faire une idée du contenu de l'article. Le plus souvent, ils lisent le résumé, les titres des résultats et les figures en premier.

FIGURE 3.2: Exemple de figure de structure qui nécessite une légende conséquente.

G. Discussion

La discussion contient deux axes principaux :

- **La discussion de la qualité des résultats** : vos résultats sont-ils pertinents statistiquement, les images sont-elles précises (donner la résolution) par exemple. **Vous ne devez pas vous justifier** avec des explications putatives du type "peut-être que quand j'ai regardé à gauche l'affiche sur le mur, j'ai mal prélevé", "la pipette était abîmée", "j'ai fait tomber le réactif". Ces informations doivent figurer sur le cahier de manipulation afin de ne pas refaire les mêmes erreurs mais cela ne concerne pas un compte-rendu. Les expériences doivent être ré-itérées ou non.
- **La discussion de la pertinence avec la littérature** : Les résultats que vous obtenez ont souvent déjà été mesurés par des équipes de recherche. Vous devez donc trouver des revues ou des articles scientifiques afin de comparer vos résultats avec ceux de la littérature. Si les résultats de la littérature sont nombreux, vous pouvez faire un tableau récapitulatif mais pensez à mettre une case pour chaque résultat qui cite l'article. Vous devez absolument citer correctement les articles que vous utilisez.

H. Conclusion

La conclusion d'un compte-rendu est aussi organisé en deux paragraphes :

- **Le bilan** présente l'ensemble des résultats obtenus.
- **Les perspectives** donnent de nouvelles pistes d'expériences à réaliser pour répondre aux questions restées en suspend.

I. Le résumé

Les articles scientifiques commencent toujours par un résumé. C'est un exercice de concision qui doit souvent être fait dans un nombre de mots limités. Vous devez dans ce résumé mettre rapidement le contexte scientifique, la problématique, le principe des méthodes suivies (nom des méthodes sans détail, par exemple SDS PAGE, Dosage de Bradford) et mettre en valeur les résultats que vous avez obtenus ainsi que leur pertinence.

III. LA REVUE : UN ÉTAT DE L'ART DES CONNAISSANCES

Vous pouvez être amené à rédiger une revue scientifique. Une revue scientifique a pour objectif de faire le bilan sur les résultats obtenus pour comprendre un processus. Elle s'appuie donc sur les derniers articles scientifiques et non sur des revues ou des livres (sauf éventuellement pour l'introduction). Elle se compose :

- D'une introduction organisée sur le même principe que dans une dissertation avec en général la partie amener le sujet qui fait plusieurs paragraphes et les deux autres parties qui fusionnent dans un seul et même paragraphe.
- D'un développement organisé en plusieurs parties. A la différence de la dissertation, il n'y a qu'un niveau d'indentation et il n'y a pas de numérotation au niveau des titres. Vous pouvez faire autant de parties que nécessaire du moment que **chaque partie illustre un point ou une idée** et que l'articulation de vos parties permet une véritable démonstration scientifique de la problématique posée. Dans chaque partie du développement, vos arguments doivent s'appuyer sur des résultats expérimentaux obtenus qui peuvent être illustrés par les **figures de l'article d'origine ou un tableau bilan qui précise l'origine de chaque résultats ou un schéma bilan** qui permet de proposer un modèle à partir de l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus.
- Une conclusion organisée avec un bilan et des perspectives de recherches futures.

Références :

(1) Virginie Garlatti,* Anne Chouquet,* Thomas Lunardi,† Romain Vivès,† Helena Padassi,† Hugues Lortat-Jacob,† Nicole M. Thielens,† Gerard J. Arlaud,† and Christine Gaboriaud* (2010) C1q Binds Deoxyribose and Heparan Sulfate through Neighboring Sites of Its Recognition Domain. *J Immunol* 2010; 185 :808-812; doi : 10.4049

(2) Tacnet-Delorme, P., S. Chevallier, and G. J. Arlaud. 2001. Beta-amyloid fibrils activate the C1 complex of complement under physiological conditions : evidence for a binding site for A beta on the C1q globular regions. *J. Immunol.* 167 : 6374– 6381.