

Méthode : l'analyse d'un document scientifique

Ce document permet d'apporter des éléments de méthodes dans l'analyse d'un document scientifique, en biologie comme en géologie. Divers types de documents existent. On propose ici quelques éléments permettant l'étude des principaux types de documents.

I. Analyse d'une expérience

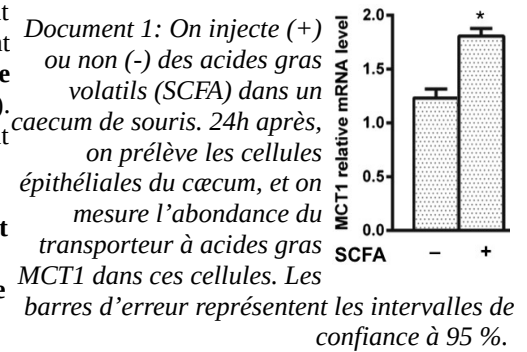
1. Analyse du protocole expérimental

a) Expérience, paramètres et témoins

Une **expérience** est un phénomène **contrôlé** par un expérimentateur. Celui-ci fixe certains paramètres (les **paramètres contrôlés**), en fait varier un seul (le **paramètre variant X**) et mesure un ou plusieurs paramètre(s) (les **paramètres mesurés Y**), dans un but unique : **tester l'influence du paramètre variant X sur le paramètre mesurée Y**.

Pour une valeur du paramètre variant donnée, les conditions seront appelées **témoin** (*control* en anglais), et elles correspondent souvent aux conditions naturelles. Le témoin sert de niveau basal, et **doit être l'objet d'une comparaison avec la situation variante** (situation **test**). Souvent, le témoin donne un résultat qui est a priori connu, ce qui doit être vérifié.

- Dans le document 1, donnez le(s) **paramètre(s) variant(s)** et le(s) **paramètre(s) mesuré(s)**.
- A quelle **question scientifique** peut-on répondre par l'étude de ce document ?
- Identifiez le **témoin** (en le justifiant)



b) Témoin positif et négatif

On utilise parfois les notions de **témoin négatif** ou de **témoin positif**. Ces témoins correspondent à deux situations extrêmes où l'expérience donne un résultat négatif connu ou positif connu respectivement (valeur minimale ou maximale du paramètre mesurée respectivement).

Document 2: On cherche à déterminer le groupe sanguin d'un individu. On réalise pour cela des tests d'agglutination. On dispose de 4 sangs correspondant aux groupes sanguins A, O, B et AB, que l'on incube avec des anticorps anti-B ou anti-A. On teste s'il y a agglutination ou non.

	Anti-B	Anti-A
Groupe A		
Groupe O		
Groupe B		
Groupe AB		

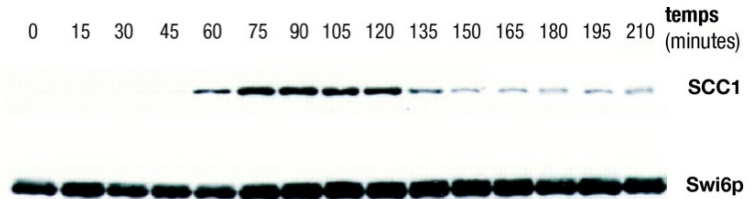
Méthode : l'analyse d'un document scientifique

- Dans le document 2, identifiez les témoins positifs et les témoins négatifs.

c) Le piège des témoins de charge

Dans certaines expériences, on utilise la notion d'**expérience contrôle**, appelé **témoin de charge** pour les électrophorèses. Il s'agit d'une expérience réalisée en plus du (des) témoin(s) et du (des) test(s), et qui étudie un paramètre mesuré dont l'évolution est connue. **Ces expériences contrôle ne doivent en aucun cas être comparées à l'expérience test** : elles permettent de vérifier que le protocole expérimental a été réalisé dans de bonnes conditions. Ce ne sont donc **pas** des témoins.

Document 3: On cherche à étudier l'expression du gène *SCC1* au cours du temps chez des levures. On a réalisé un western blot de protéines de levures extraites à des temps différents (de 0 à 210 minutes) avec un anticorps anti-*SCC1* (haut) ou anti-*Swi6p* (bas) marqués radioactivement. Après lavage, on révèle la radioactivité par autoradiographie. *Swi6p* est une protéine exprimée tout au long du cycle cellulaire.



- Dans le document 3, identifiez le témoin de charge, en le justifiant.

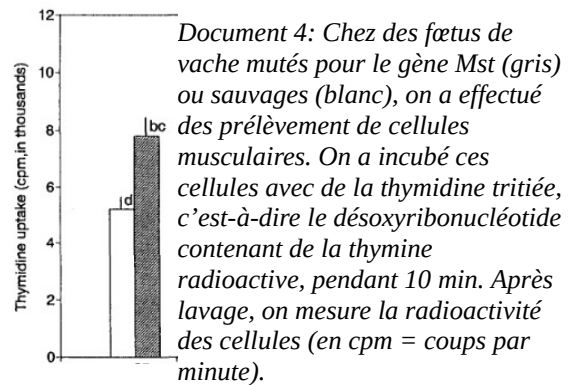
- Expliquez l'intérêt de ce témoin de charge à partir d'un exemple concret provenant du document.

Méthode : l'analyse d'un document scientifique

d) Le paramètre mesuré et sa signification

Le paramètre mesuré est parfois en relation indirecte avec la question scientifique posée. On doit alors se poser la question de la **signification du paramètre mesuré**, c'est-à-dire la raison qui a conduit les chercheurs à étudier ce paramètre plutôt qu'un autre. L'analyse de la signification du témoin de charge nécessite de **comprendre intimement** le protocole expérimental. Sans cette interrogation, l'analyse du protocole est incomplète, voire complètement insuffisante.

Dans l'exemple du document 4, le paramètre mesuré est la **radioactivité des cellules**, mais ce paramètre n'a *a priori* aucun intérêt en lui-même : il permet cependant d'avoir accès à des informations plus intéressantes, qu'on propose de découvrir.



➤ Dans le document 4, donnez la **signification biologique** du paramètre mesuré.

2. Une observation quantifiée et précise

L'observation

L'observation des résultats expérimentaux consiste en la **description** du paramètre mesuré dans les différentes situations, y compris le témoin, et en effectuant une comparaison explicite avec le témoin. Cette description doit comporter, le cas échéant :

- Si le document est une photographie, une **description du paramètre mesuré**, qui doit être **quantifiée, en utilisant l'échelle**.
- Une description de l'**évolution** du paramètre mesuré (stagnation, croissance, décroissance, rupture de pente, cyclicité...), qui peut donner lieu à une annotation du graphe de façon à isoler les phases intéressantes.
- Une quantification chiffrée, permettant de mesurer les différences avec le témoin ; elle peut être exprimée en facteur (« dix fois plus que le témoin ») et doit comporter une unité.

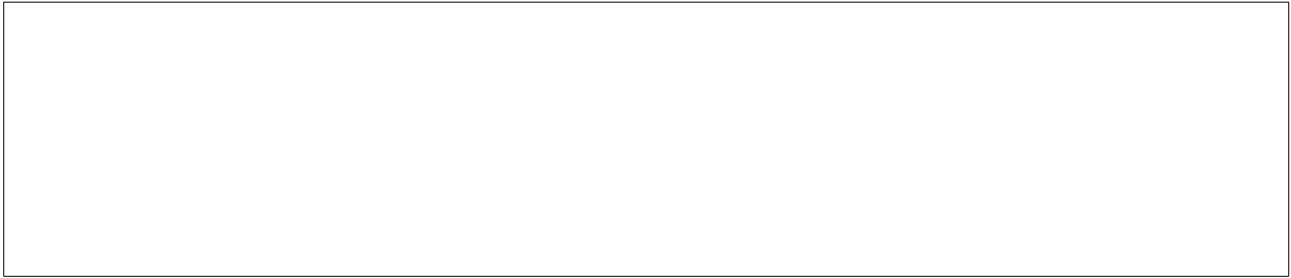
L'analyse statistique

Il convient de noter à ce stade si les données ont une grande distribution autour de la moyenne (grand écart-type) ou non. On verra par la suite comment s'interprète cette distribution.

Les corrélations

Dans certains cas, on peut être amené à comparer entre eux deux **paramètres mesurés Y_1 et Y_2** . Si ces deux paramètres ont la même évolution à un facteur multiplicatif près, ils sont dits **corrélés linéairement**, et on pourra alors dire que Y_1 est **proportionnel** à Y_2 ; le graphe de Y_1 en fonction de Y_2 donnera alors une droite. Dans beaucoup de cas, il existe des corrélations qui ne sont pas forcément linéaire, et **il est très risqué de prétendre donner la nature de la corrélation sans traitement mathématique adéquat** (corrélation polynomiale, exponentielle/logarithmique, inverse...).

➤ Décrivez les résultats du document 1.



3. Une interprétation répondant à la question posée

Répondre à la question de l'influence du paramètre variant

L'interprétation consiste dans la majorité des cas à donner la réponse à la question posée au début de l'étude du document : **le paramètre X influe-t-il sur le paramètre Y, et si oui, comment ?** La réponse à cette question est un **lien causal** et **orienté** ; on veillera à utiliser un vocabulaire adéquat, celui de la causalité (provoquer, causer, entraîner, influencer, impacter...) et non de la description (en même temps que, évoluer de la même façon, être corrélé, quand...).

- X **provoque** (causal) l'**augmentation** (orientation) de Y ;
- X a pour **conséquence** (causal) la **stagnation** (orientation) de Y ;
- X a pour **effet** (causal) la **diminution** (orientation) de Y

On veillera à **ne pas répéter les observations** :

- « quand X augmente, Y augmente » : pas de lien **causal**

On veillera à préciser l'orientation de la causalité :

- « X a donc une influence sur Y » : on ne sait pas si X provoque une **diminution** ou une **augmentation** de Y

L'analyse statistique

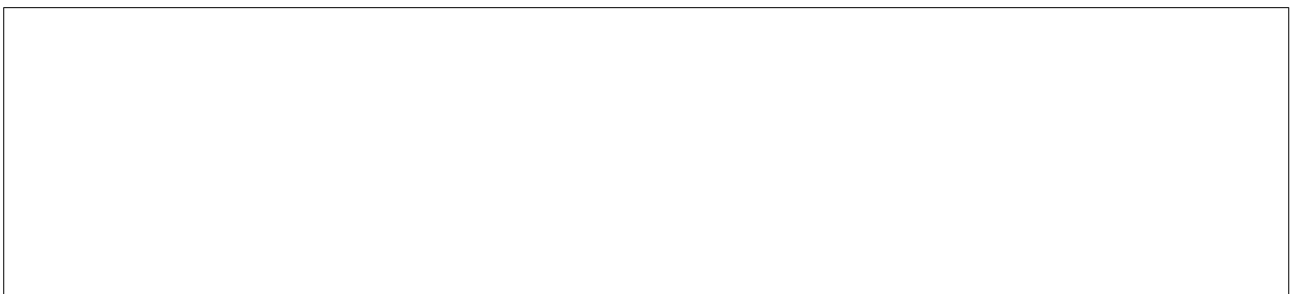
L'analyse statistique est essentielle, car elle permet de répondre à la question posée en début d'analyse. Lorsque les résultats sont présentés sous forme d'une moyenne d'un paramètre mesuré, la distribution est représentée par des **écarts-types** ou des **intervalles de confiance à 95 %**. On a coutume d'admettre que le non-recouvrement des intervalles de confiance à 95 % permet de dire que les résultats sont significativement différents.

- Si les résultats sont **significativement différents**, alors les différences entre test et témoin **sont expliquées par le paramètre variant**.
- Si les résultats sont **non significativement différents**, alors les différences entre test et témoin **ne sont pas expliquées par le paramètre variant**, et sont donc expliquées **par le hasard** (fluctuation naturelle des populations).

Quelques erreurs à éviter absolument :

- « Les résultats sont non significativement différents, donc les résultats ne sont pas interprétables » : la non-significativité permet de conclure sur le fait que le paramètre variant n'influe pas sur le paramètre mesuré, ce qui est un résultat en soi !
- « Les résultats sont significatifs » : cette phrase n'a pas de sens, car ce sont les différences entre témoin et test qui sont significatives ou ne le sont pas.
- « Les résultats sont non significativement différents, donc le paramètre variant influe peu sur le paramètre mesuré » : avec une probabilité de se tromper (calculée par les statisticiens), on peut affirmer que le paramètre variant n'influe pas sur le paramètre mesuré.

➤ **Interprétez les résultats du document 1.**



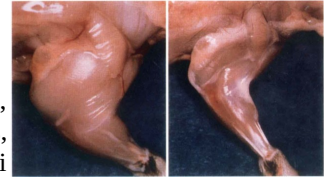
4. Proposer des hypothèses explicatives est une démarche attendue

Lorsque l'influence d'un paramètre variant X sur un paramètre mesuré Y a été déterminée, l'interprétation n'est que partielle ; on doit pouvoir proposer des **hypothèses explicatives**, c'est-à-dire des mécanismes (moléculaires, cellulaires, environnementaux...) qui pourraient expliquer l'influence de X sur Y. Dans le document 5 :

Analyse du protocole : on cherche l'influence du génotype (paramètre variant) sur la morphologie du muscle (paramètre mesuré).

Observation : on observe que la souris mutante a des muscles du membre antérieur environ 1,5 fois plus épais que les souris sauvages.

Interprétation : le gène Mst provoque une limitation du développement des muscles chez la souris.



Document 5: On compare la morphologie des muscles des pattes d'une souris mutante pour le gène Mst (gauche) et d'une souris sauvage (droite). Taille réelle.

- Dans le document 5, proposez plusieurs hypothèses explicatives pour l'influence de Mst sur la morphologie des muscles chez la souris.

5. Interpréter une corrélation

La corrélation est un concept purement mathématique, qui quantifie le lien existant entre deux séries de données. Il est tentant de déduire une **causalité** d'une corrélation ; si la causalité entraîne la corrélation, la réciproque n'est pas vraie. Si Y_1 et Y_2 sont corrélés, alors :

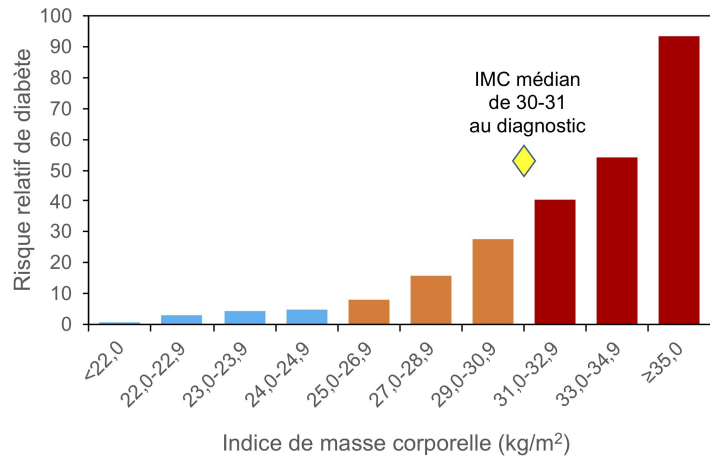
- SOIT Y_1 entraîne Y_2 ;
- SOIT Y_2 entraîne Y_1 ;
- SOIT un autre facteur, par exemple Y_3 , influe sur Y_1 et sur Y_2 indépendamment.

Pour cette raison, il faut TOUJOURS se poser la question du passage de la corrélation à la causalité, et ne pas privilégier a priori l'un des trois types de liens causaux. Parfois, il est impossible sans autre investigation, de trancher.

- Analyser la corrélation entre les deux paramètres mesurés dans le document 6.

Méthode : l'analyse d'un document scientifique

Document 6: Graphe donnant la proportion de personnes atteintes de diabète de type II dans diverses catégories de populations, présentant des indices de masse corporelle (IMC) variables. L'IMC est une mesure du surpoids : un IMC considéré comme normal est entre 18 et 25 ; 25-30 : surpoids ; supérieur à 30 : obésité.



II. Analyse d'un graphe non expérimental

Une situation réelle (**non expérimentale**) peut être représentée par une variation d'un paramètre en fonction d'un autre. Bien qu'elle ne corresponde pas à une **expérience**, elle doit s'analyser rigoureusement et par étape.

1. Analyse des paramètres

Comme pour l'analyse d'une expérience, on doit se demander **quel est le paramètre mesuré** et **quelle est sa signification**, c'est-à-dire ce que nous apporte son observation pour la question scientifique que l'on se pose.

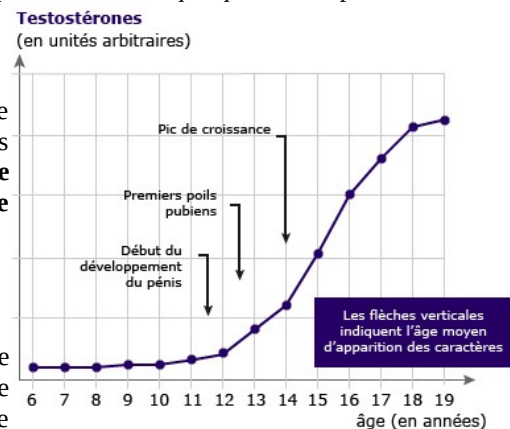
2. Observation

L'observation doit se faire selon les mêmes modalités que dans l'analyse d'une expérience. L'analyse statistique renseigne sur la distribution des résultats autour d'une moyenne, **mais ne peut pas forcément être analysée en terme de lien causal (X influe sur Y) en raison de l'absence de paramètres contrôlés par l'expérimentateur.**

3. Interprétation

L'interprétation consiste en l'**explication des observations**, c'est-à-dire l'**identification de causes explicatives**. Souvent, cette étape demeure **hypothétique** en raison (comme on l'a vu pour les statistiques dans le paragraphe précédent) de l'absence de paramètres contrôlés.

➤ Décrivez et interprétez le document 7.



Document 7: Evolution de la concentration plasmatique en testostérone chez des humains de sexe masculin entre 6 ans et 19 ans.

III. Photographie d'une situation naturelle

Une photographie d'une situation naturelle est une observation d'un objet ou d'un phénomène biologique ou géologique réel, ne correspondant pas à une expérience.

1. Que faire face à une photo ?

La question à laquelle on doit répondre peut-être posée explicitement. Exemples :

- identifiez la structure représentée
- montrez que cette structure est adaptée à sa fonction

Dans le cas contraire, et si la photographie est associée à un corpus documentaire complet, on cherchera à identifier les structures observées, et à les mettre en lien avec le reste de l'étude.

La diagnose : il s'agit d'une reconnaissance argumentée d'une structure biologique ou géologique, qui s'organise sous la forme d'une série de questions de plus en plus précises aboutissant à la détermination finale.

2. Observation

L'observation doit se concentrer sur les points qui semblent importants pour la réponse à la question, et une description exhaustive du document est souvent inutile. On conseille également de réaliser un **schéma interprétatif** de la photo, qui permet de mettre l'accent sur les éléments les plus importants, et permet d'insérer une **légende**. Des éléments de quantification sont souvent possibles :

- Mesure de la taille d'un organe ;
- Mesure de l'angle d'un pendage ;
- Nombre de mitochondries dans une cellule ;
- Rapport longueur-largeur d'un cristal...

Exemples :

- photo d'une falaise présentant un pli ou une faille
- photo d'une lame mince de roche montrant une paragenèse ou une texture
- micrographie optique d'une cellule végétale
- micrographie électronique de microvillosités intestinales
- photographie d'un arbre parasité par du gui

On veillera à identifier, le cas échéant, les traitements qui auraient pu être réalisés et les informations annexes :

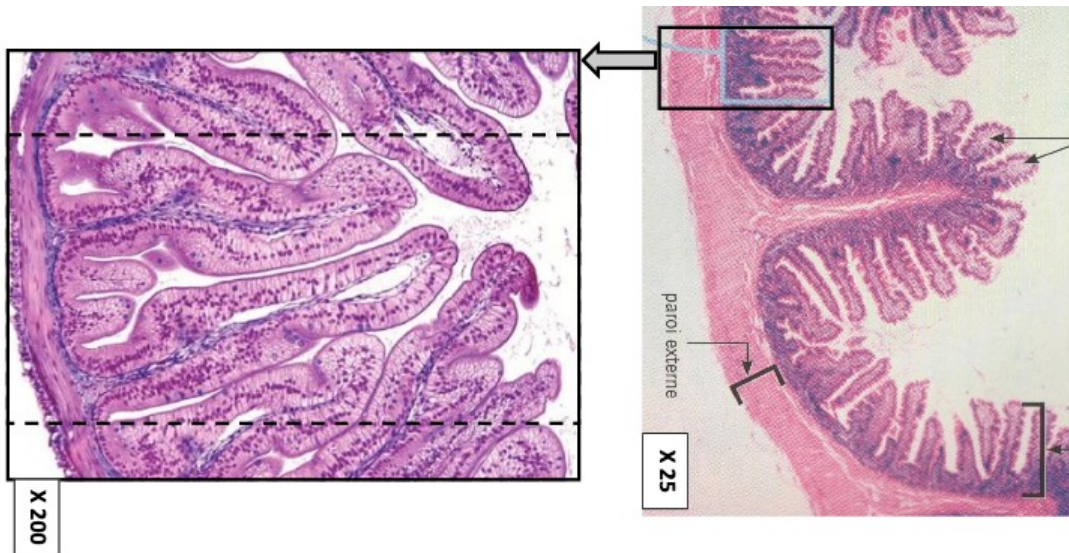
- outil utilisé pour la photographie : loupe binoculaire, microscope...
- traitement permettant une mise en évidence : coloration de l'ADN, de l'amidon...

3. Interprétation

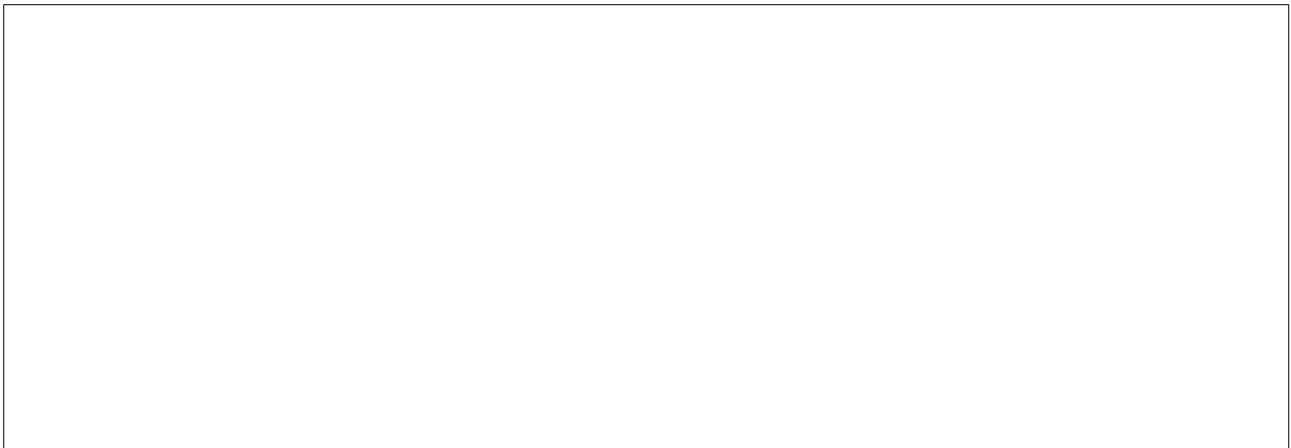
L'interprétation consiste, comme toujours, en une réponse au problème scientifique posé, implicitement ou explicitement, par le document ou par une question annexe. Dans le cas où il s'agit d'une diagnose, il faut veiller à argumenter, en prélevant les informations sur l'image de la façon la plus rigoureuse possible.

- **Observez et interprétez le document 8.**

Méthode : l'analyse d'un document scientifique



Document 8: Coupe transversale d'un organe de mammifère



IV. Document théorique

Certains documents sont **théoriques**, c'est-à-dire qu'ils ne présentent ni une expérience, ni une situation réelle (naturelle ou non), mais, selon les cas, des **schémas**, des **formules chimiques**, des **lois physiques**, des tableaux de **grandeurs standard**. Ces documents peuvent souvent être utilisés pour comprendre d'autres documents. Ils peuvent être des bases à la construction d'un raisonnement (proposer une hypothèse par exemple).

Exemples :

- Rappel de la loi de Nernst ou de Fick, de façon à permettre des calculs.
- Tableau des acides aminés.
- Tableau du code génétique.
- Classification périodique des éléments.
- Représentation schématique de l'anatomie d'un organe, de façon à interpréter des photographies dans d'autres documents.
- Echelle des temps géologiques, de façon à faciliter l'analyse temporelle de documents précisant l'âge d'une formation.
- Formule chimique développée, permettant de faire une hypothèse sur le rôle de la molécule représentée.

Mémo pour l'analyse d'une expérience :

1. Analyse du protocole
 - a. Identifier le(s) paramètre(s) variant(s) et le(s) paramètre(s) mesuré(s).
 - b. Identifier le(s) témoin(s).
 - c. Si nécessaire, donner la signification du paramètre mesuré.
 - d. Poser la question de l'influence du paramètre variant sur le paramètre mesuré.
2. Observation
 - a. Décrire les résultats, dans une logique comparative (avec le témoin) et quantitative.
 - b. Se poser la question des statistiques.
3. Interprétation
 - a. Répondre à la question posée en 1.
 - b. Proposez des hypothèses explicatives pour aller plus loin.