

Partie 1

Fiches méthode

Fiche méthode 1

L'analyse de documents pas à pas : premiers conseils

L'analyse de documents scientifiques en science de la vie est évaluée lors des divers concours ouverts aux étudiants des classes préparatoires BCPST, TB, ATS, et des préparations à l'agrégation ou au CAPES. Dans cet ouvrage, **les documents sont conformes aux attendus des concours BCPST et TB essentiellement.**

En 2019, la diversité des épreuves est la suivante :

- L'épreuve écrite du concours A-BCPST dite « sciences de la vie et de la terre, épreuve sur support de documents » est une épreuve de 4 heures, enchaînant un sujet de géologie distribué en premier et un sujet de biologie à traiter durant les troisième et quatrième heures. L'exploitation des documents est guidée par des questions précises.
- L'épreuve écrite du concours TB dure 3 heures avec des questions précises sur les documents et ponctuellement quelques questions de cours.
- L'épreuve écrite de biologie du concours G2E dure 3 heures ; elle est scindée en deux parties indépendantes qui chacune comportent des questions de connaissances et des questions sur les documents proposés.
- L'épreuve de sciences de la vie du concours ENS dure 6 heures et comporte un sujet de synthèse, à traiter en 2 heures, et une partie sur documents à traiter en 4 heures. L'exploitation des documents est aussi guidée par des questions précises.
- Enfin l'épreuve orale de biologie du concours A-BCPST comprend un sujet de synthèse et une interrogation sur documents : le candidat doit prendre connaissance du corpus documentaire en quelques minutes pendant sa préparation, sans prise de note, puis est interrogé sur les documents après son exposé de synthèse en étant guidé par les questions orales de l'examinateur ; cette interrogation dure dix à quinze minutes.

Dans tous les cas les capacités testées sont :

- recueillir des informations, les analyser, les organiser ;
- conduire un raisonnement scientifique structuré ;
- mobiliser ses connaissances scientifiques de façon pertinente pour résoudre un problème ;
- maîtriser les techniques de communication écrite, graphique ou orale.

À l'oral, les capacités d'écoute, d'autocorrection et de réactivité sont également évaluées.

Stratégie d'ensemble

Les documents rassemblés permettent de répondre à un problème scientifique précis, en apportant progressivement des éléments de réponse. Il est impératif de bien **lire le titre d'ensemble** pour bien situer l'étude et ne pas oublier le cadre au fil du travail. Il est également indispensable de bien **lire les consignes** : vérifier s'il est autorisé d'annoter les documents par exemple. Enfin, il est vivement conseillé de **prendre connaissance de l'ensemble du corpus documentaire** : sauf si des parties sont indépendantes, les documents s'enchaînent pour construire une réponse au problème et les derniers documents peuvent donner un éclairage intéressant sur les premiers. Il est aussi conseillé de **conserver l'ordre** des documents afin de suivre le raisonnement suivi par l'expérimentateur : certains énoncés demandent explicitement aux étudiants de garder l'ordre des documents.

Méthode face à un document

► *Bien lire le titre du document*

Le titre peut se trouver avant le document, comme un titre de partie ; il peut se trouver sous le document ; il peut aussi être répété aux deux endroits cités. Ce titre donne une excellente indication de **l'objectif du document** : qu'a cherché à démontrer l'expérimentateur ?

► *Identifier clairement la consigne*

Une ou plusieurs questions accompagnent chaque document. La lecture et la compréhension des questions sont fondamentales, car le correcteur attend une action particulière de la part de l'étudiant.

Certaines questions sont très précises et il faut s'y conformer, toujours en argumentant :

- par un **verbe à l'infinitif ou à l'impératif** on demande de relever / localiser / calculer / identifier / proposer une hypothèse etc. Il est alors indispensable de réaliser clairement l'action demandée et de ne pas se contenter d'une analyse générale.
- par une **interrogation**, on dirige l'interprétation du document : par exemple « montrez quels sont les liens entre les paramètres étudiés ? » Il est alors indispensable de construire un argumentaire permettant de répondre précisément à l'interrogation.

D'autres consignes et d'autres questions sont au contraire ouvertes et demandent en général d'**interpréter** le document : ce verbe « interpréter » incite à tout d'abord **analyser** les résultats (relevé des données importantes) puis à les **expliquer** à la lumière des **connaissances** et des **données fournies**, c'est-à-dire les **interpréter**. Dans ce cas la lecture du titre et des propositions commençant par la locution « afin de » permet de bien identifier l'objectif du document et son rôle dans la démarche.

► *Comprendre le principe de l'expérience mise en œuvre*

Une bonne lecture du protocole suivi par les expérimentateurs permet :

- d'identifier les durées, le **nombre de conditions**, les **témoins** et leurs intérêts, les **contrôles**...
- d'analyser les **précautions expérimentales** (traitement avant l'expérience elle-même, précisions des espèces ou outils utilisés...).
- se remémorer les **utilisations principales de la technique** mais aussi ses limites. Une technique d'étude est mise en œuvre pour répondre à une question précise ; si l'on connaît ou comprend la technique mise en jeu, on peut remonter aux questions posées par le document.
ex : la technique d'électrophorèse en gel des protéines (SDS-PAGE) est utilisée pour connaître la taille des protéines, le nombre de sous-unités, leur quantité relative etc.
- de **schématiser les étapes expérimentales** pour mieux comprendre des protocoles longs ou nouveaux.

► *Lire et résumer les résultats*

Que la question soit ouverte ou précise, il faut partir de ce que l'on lit dans le document : il s'agit d'y **relever les observations pertinentes** et de les résumer de façon efficace et concise. On peut commencer cette étape par « je vois que... » ou « je lis que... ». Bien évidemment une formulation plus littéraire est tout à fait appréciée, de façon à traduire de façon concise et précise les observations.

Selon le type de documents on s'attachera à :

- sur une courbe : relever le sens de variation d'un paramètre, mais aussi identifier des plateaux, des changements de pente... (voir **fiche méthode 3**);
- sur des photographies (gels d'électrophorèse, clichés de microscopie...) : décrire (taille, couleur, position...) (voir **fiches méthode 2 et 4**);
- sur un tableau : identifier les résultats les plus importants (voir **fiches méthode 3 et 5**).

Dans tous les cas, vous aurez à :

- comparer lorsqu'il y a plusieurs données
- commenter et quantifier les évolutions et les tendances au lieu de citer les valeurs une par une : par exemple réduction par 2, augmentation de 30 %, écart de 10 % etc.
- évaluer la significativité des résultats (voir **fiche méthode 5**).

On peut aussi, si cela se révèle pertinent, **annoter le document** (exploitation plus rapide et visuelle).

La principale difficulté pour cette étape est d'**éviter la paraphrase** : il ne faut en aucun cas recopier les mots de l'énoncé sans y ajouter de plus-value. Par exemple, il faut éviter de simplement citer les valeurs extraites du tableau ou d'une courbe.

L'autre difficulté est de confondre un détail du document avec l'observation pertinente ou de chercher à faire une analyse exhaustive. Les connaissances et l'entraînement à l'analyse de documents permettent de cibler les résultats clés à interpréter pour répondre au problème posé.

► *Interpréter*

Il s'agit ensuite de relier les résultats relevés et le problème soulevé pour y répondre : en cas de question ouverte on peut **chercher les causes des observations** et les mécanismes mis en évidence ou bien **envisager les conséquences** des observations. Causes et conséquences doivent être clairement distinguées : c'est une énorme faute de logique que de les intervertir. Dans tous les cas les connaissances et les indications de l'énoncé sont utiles pour construire l'interprétation. Un peu d'imagination et d'intuition sont aussi nécessaires ! L'interprétation aboutit dans certains cas à des certitudes et à des **éléments de réponses nets** ; elle conduit dans d'autres cas à **formuler une ou plusieurs hypothèses explicatives**.

L'interprétation peut commencer par « j'en déduis que... ». Elle peut aussi être bâtie autour d'un syllogisme en trois temps : « je vois que... » ; « or je sais que... » ; « j'en déduis donc... ». Les liens logiques et l'ordre des arguments permettent de rendre l'interprétation convaincante. Toute formulation argumentée est opportune : il n'est pas nécessaire de systématiser l'emploi du verbe déduire !

La difficulté de cette étape est d'éviter la répétition des résultats : une simple reformulation de ce qui a été lu dans le document (et déjà dit) est inutile. Là encore une plus-value est attendue : pensez par exemple à **nommer** les éléments reconnus lors du raisonnement.

À l'écrit il est également important de mettre en valeur, par la couleur, la mise en page ou le soulignement, les idées clefs de l'interprétation pour insister sur les réponses fournies.

► *Un maître mot : s'adapter*

Si le nombre de techniques mises en œuvre est relativement restreint, le nombre de protocoles où on les rencontre et le nombre de problèmes biologiques posés sont illimités.

Certains protocoles sont relativement simples dans leur conception et assez fréquents : leur interprétation sera alors assez courte et peut tenir en une à deux phrases. D'autres **protocoles enchaînent plusieurs étapes ou confrontent de nombreuses conditions** expérimentales ou encore consistent à **mesurer de nombreux paramètres** : la lecture est alors plus riche et la liste des constats plus étoffée puis l'interprétation beaucoup plus fournie ; une **analyse pas à pas** (condition par condition, paramètre par paramètre) est recommandée, et les conclusions sont à tirer au fur et à mesure.

Il faut donc **adapter son discours ou son texte à la complexité des démarches expérimentales** tout en démarrant toujours l'analyse par le relevé des résultats avant d'interpréter. Certaines initiatives peuvent faciliter l'analyse : placer résultats et interprétations dans un tableau ; annoter le document directement...

Mise en relation des documents

L'analyse d'un document doit impérativement tenir compte de l'interprétation des documents précédents : on construit successivement des éléments de réponses au problème biologique, qui doivent être cohérentes. Plusieurs types d'**articulation entre documents** sont fréquemment rencontrés :

- on rebondit sur une **hypothèse**, que l'on **valide ou invalide** ;
- on **confirme ou on précise un mécanisme**, par exemple en changeant d'échelle, en passant d'une analyse *in vitro* à une analyse *in vivo* ;
- on **met en évidence une corrélation** et on **cherche ensuite à démontrer** s'il y a un **lien de causalité**.

Dans la rédaction il est intéressant de mettre en avant les liens entre les documents qui structurent la démarche. En fin d'épreuve il est souvent demandé de concevoir un bilan sous forme d'un court texte ou d'un schéma. Il faut alors répondre au problème biologique en tenant compte de tous les éléments de réponses accumulés au fur et à mesure de l'analyse de tous les documents. Il est conseillé de construire le schéma bilan au brouillon au fur et à mesure de l'étude : ce schéma peut prendre la forme d'un organigramme ou d'un schéma fonctionnel placé dans une cellule ou un organisme ; il doit être accompagné d'un titre (plus scientifique et informatif que « schéma bilan »), de légendes et si nécessaire d'une échelle.

Les particularités de l'analyse de documents à l'oral

L'analyse à l'oral est guidée par des **questions posées par l'examinateur**. À vous de lui montrer que vous répondez à ses questions et que vous **prenez en compte les indications qu'il vous donne !**

Les **questions** peuvent être **ouvertes** :

- l'entretien peut commencer par la demande d'un **bilan**, d'une **vue d'ensemble** : il est donc impératif pour cette épreuve aussi de bien parcourir l'ensemble des documents et de comprendre ce que chaque document apporte à la résolution du problème scientifique. Cette question peut aussi arriver en fin d'épreuve sous la forme d'un résumé.
- on peut demander l'analyse et l'interprétation d'un document donné : il s'agit alors de présenter les résultats de façon concise et efficace, en pensant à comparer, quantifier et évaluer leur significativité, puis d'avancer des éléments explicatifs. Il s'agit d'être **autonome, rapide** et d'aller à l'**essentiel**.

D'autres **questions** sont au contraire très **précises** : présentation de la technique employée, identification d'un témoin, mise en relation de certains faits, comparaison avec les modèles du programme...

Selon la façon dont l'entretien est mené, tous les documents du sujet ne sont pas forcément abordés, ce qui n'est pas pénalisant.

Fiche méthode 2

Comment lire un document photographique ?

Les objets biologiques peuvent être observés par divers moyens d'observation (voir fiche technique 1 Microscopies) et photographiés.

On peut appréhender une photographie en répondant aux cinq questions suivantes, de façon à bien lire le document et repérer les informations pertinentes pour ensuite l'interpréter.

Quelques questions guides pour décrire et exploiter un document photographique

Question 1 : Avec quelle méthode est observé l'échantillon ?

Un échantillon biologique peut être observé :

- **sans instrument grossissant** ;
- à la **loupe binoculaire**, qui peut apporter un grossissement de 2 à 10 fois et qui conserve les couleurs et les volumes ;
- au **microscope optique** pour une coupe fine d'échantillon : le grossissement est compris entre 40 et 1000 et la résolution de l'ordre du μm ;
- au **microscope électronique à transmission** : le grossissement peut atteindre 500000 et la résolution est de l'ordre du nm ; l'objet est préparé en coupe ultrafine ; le cliché est en noir et blanc ;
- au **microscope électronique à balayage** pour observer l'échantillon en trois dimensions, ce qui permet d'appréhender sa forme et la texture de sa surface par exemple.

Identifier la technique permet d'envisager les éléments observables : ainsi seuls les microscopes électroniques permettent d'observer l'ultrastructure cellulaire.

Pour les micrographies, lorsqu'une coupe est réalisée, il est important de comprendre l'**orientation** de la coupe. Des indications de l'orientation peuvent être ajoutées sur le cliché lors de son analyse.

Question 2 : Quelle est la taille de l'échantillon ?

L'échelle ou le grossissement permettent d'estimer par un calcul simple la taille de l'échantillon. La taille est un critère important pour reconnaître l'objet.

Les ordres de grandeur suivants sont des repères à mémoriser :

- 100-200 μm : longueur d'une cellule végétale ;
- 10-20 μm : taille d'une cellule animale ;
- 5 μm : diamètre d'un noyau ;

- 1 μm : longueur d'une bactérie, longueur d'une mitochondrie ;
- 6-8 nm : épaisseur d'une membrane ;
- 2 nm : diamètre de la molécule d'ADN.

La mesure de la taille peut être complétée par une description plus précise de l'objet : forme, position...

Question 3 : Y a-t-il une coloration ou un marquage ?

Pour les observations au microscope optique, une coloration de l'échantillon permet d'**augmenter le contraste** et, selon le colorant utilisé, de **repérer certaines molécules**. Par exemple l'eau iodée met en évidence l'amidon, le vert de méthyle colore l'ADN et le vert d'iode la lignine.

Un marquage plus spécifique peut être réalisé à l'aide d'anticorps : c'est la technique d'**immunomarquage** (voir fiche technique 2 Immunodétection). On utilise des anticorps rendus fluorescents pour une observation au microscope optique ou des anticorps radioactifs ou marqués à l'or pour une observation au microscope électronique à transmission. Les anticorps se fixant spécifiquement sur un antigène, ils servent à repérer la présence et la localisation de celui-ci.

Question 4 : Qu'a-t-on photographié ?

À ce stade on doit être capable de **reconnaître l'échantillon photographié** et ses éléments constitutifs, en tenant compte de sa taille, sa couleur, son organisation et des informations du document. On peut rendre compte de cette identification en **légendant et titrant la photographie**. Si un marquage ou une coloration spécifique a été réalisé on peut décrire sa **localisation**.

Question 5 : Que signifie cette photographie dans la démarche expérimentale ?

Enfin la photographie est remise dans son contexte expérimental. Une photographie peut servir

- à **identifier** ;
- à **localiser** ;

- à **vérifier** la **présence** ou l'**absence** d'une structure ou d'une molécule ;
- à **estimer** une longueur, une surface, un volume ;
- à **comparer**...

Ainsi on relie la photographie à la problématique propre au sujet.

Étude d'un exemple : relations entre les microtubules et l'appareil de Golgi**Contexte de l'étude**

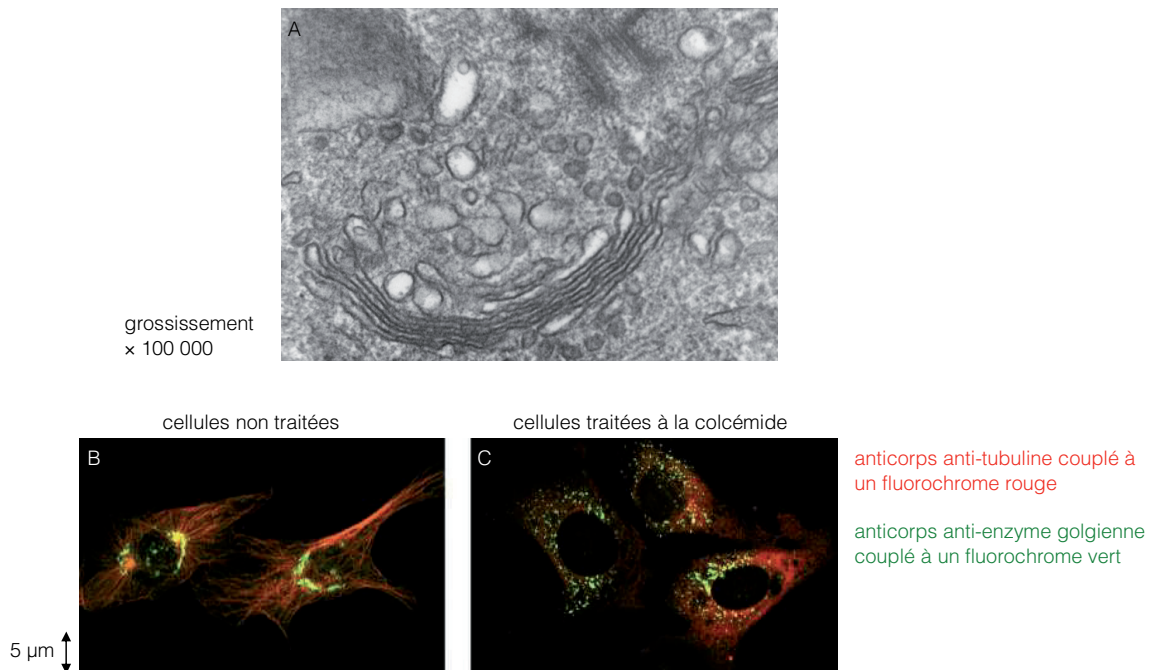
D'après Sandoval I.V. *et al.* (1984) *The Journal of Cell Biology* **99**, 113s-118s.

Afin d'étudier les relations entre les microtubules et l'appareil de Golgi, on observe la zone cytoplasmique au cœur de fibroblastes de rat en culture : le cliché FM02.1A propose une observation représentative de l'ensemble des observations réalisées.

Par ailleurs ces fibroblastes sont mis à incuber avec des anticorps fluorescents (cliché FM2.1B). On utilise des anticorps anti-tubuline associés à un fluorochrome rouge

et des anticorps dirigés contre une enzyme golgienne et associés à un fluorochrome vert.

Enfin ces cellules sont cultivées deux heures en présence de colcémide avant d'être incubées avec les deux anticorps précédents (cliché FM2.1C). La colcémide est un poison qui provoque la dépolymérisation des microtubules.

**Figure FM2.1**

Relations entre les microtubules et l'appareil de Golgi

A. Cliché représentatif des observations du territoire central des fibroblastes de rat.

B. Immunomarquage de fibroblastes de rat avec anticorps anti-tubuline et anticorps anti-enzyme golgienne.

C. Immunomarquage avec anticorps anti-tubuline et anticorps anti-enzyme golgienne après traitement à la colcémide.

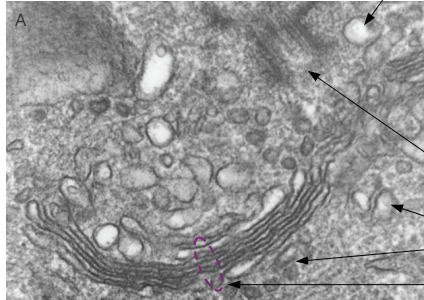
(Cliché A : Louisa Howard, <http://remf.dartmouth.edu/imagesindex.html>; Clichés B et C : [http://individual.utoronto.ca/studybuddies/\[bio230\]%20Lecture%2002%20-%20Cytoskeleton.html](http://individual.utoronto.ca/studybuddies/[bio230]%20Lecture%2002%20-%20Cytoskeleton.html))

Analyse des photographies de la figure FM2.1 en cinq réponses

Question 1 : Quelle méthode d'observation ?

Noir et blanc - Grossissement très fort - Détails ultrastructuraux.
Réponse 1 : microscope électronique à transmission

grossissement
× 100 000



Question 2 : Quelle taille ?

Réponse 2 : L'objet pointé mesure environ 6 mm sur le cliché ; en divisant par 100 000 on trouve sa taille réelle de 0,00006 mm soit 60 nm.
→ on est à l'échelle subcellulaire ; on décrit des organites

Question 3 : Une coloration ou un marquage ?

Réponse 3 : aucun marquage.
→ on attend une simple description.

Question 4 : Qu'a-t-on photographié ?

Réponse 4 : on reconnaît :

- un centriole
- des vésicules
- les citernes de l'appareil de Golgi

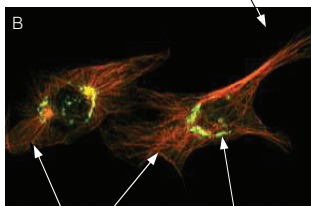
Question 5 : Que signifie cette photographie dans la démarche expérimentale ?

Réponse 5 : On localise l'appareil de Golgi à proximité d'un centriole, élément du centrosome des cellules animales. Le centrosome se situe au cœur des microtubules à disposition rayonnante. On établit une relation de proximité entre l'appareil de Golgi et le centre organisateur des microtubules.

Question 1 : Quelle méthode d'observation ?

Couleurs - Structures visibles de l'ordre du μm - Cellules en entier
Réponse 1 : microscope optique.

5 μm



en rouge : microtubules, disposition en fibres rayonnantes, dans tout le cytoplasme.
en vert : appareil de Golgi, disposition centrale et compacte

Question 2 : Quelle taille ?

Réponse 2 : La tache noire au centre des cellules mesure la même longueur que la flèche soit 5 μm ; la cellule mesure le double soit 10 μm de diamètre.

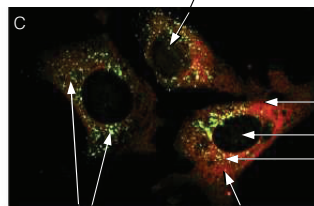
Question 3 : Une coloration ou un marquage ?

Réponse 3 : Marquage fluorescent par deux anticorps.
→ on attend la localisation des deux structures marquées.

Question 4 : Qu'a-t-on photographié ?

Réponse 4 : On reconnaît :

- la membrane plasmique
- le noyau
- le cytoplasme, marqué par les microtubules et l'appareil de Golgi



en rouge : microtubules, pas de disposition en fibres
en vert : appareil de Golgi, disposition en petits grains répartis dans tout le cytoplasme

Question 5 : Que signifie ces photographies dans la démarche expérimentale ?

On interprète l'effet de la colcémide en comparant les deux clichés.

Réponse 5 : La colcémide dépolymérise directement les microtubules qui se désagrègent dans le cytoplasme. En parallèle l'appareil de Golgi se vésicularise et se répand dans tout le cytoplasme. Donc l'intégrité des microtubules est nécessaire au maintien de l'appareil de Golgi compact et central : les microtubules jouent un rôle de soutien pour celui-ci.

Figure FM2.2

Photographies de la figure FM2.1 annotées et interprétées

Fiche méthode 3

Comment analyser et interpréter un tableau, un graphique ou un histogramme ?

De nombreuses expériences sont conçues en modifiant une **variable** du milieu : le temps qui passe ou une condition expérimentale comme la température... Puis l'expérimentateur mesure un **paramètre**. On obtient alors un **tableau de valeurs** à deux entrées, recensant les valeurs de la variable et la réponse du système. Si le paramètre mesuré est quantifié, les résultats expérimentaux peuvent aussi être représentés sous forme de **graphique** ou **d'histogramme**.

Un graphique permet de représenter le paramètre Y mesuré en fonction de la variable X : on place sur l'axe des abscisses la variable X et on porte sur l'axe des

ordonnées le paramètre Y que l'on a mesuré. Les points du graphique correspondent aux résultats expérimentaux ou à leur moyenne; les courbes reliant les points du graphique sont en général des extrapolations de ces mesures, modélisant la relation entre les valeurs X et Y. Un histogramme ou diagramme en bâtons se substitue au graphique lorsque la variable X n'est pas continue. Seul le paramètre Y est quantifié sur l'axe des ordonnées.

Exemple de démarche (figure FM3.1)

Le tableau de valeur recense les résultats expérimentaux et peut servir à tracer un graphique ou un histogramme.

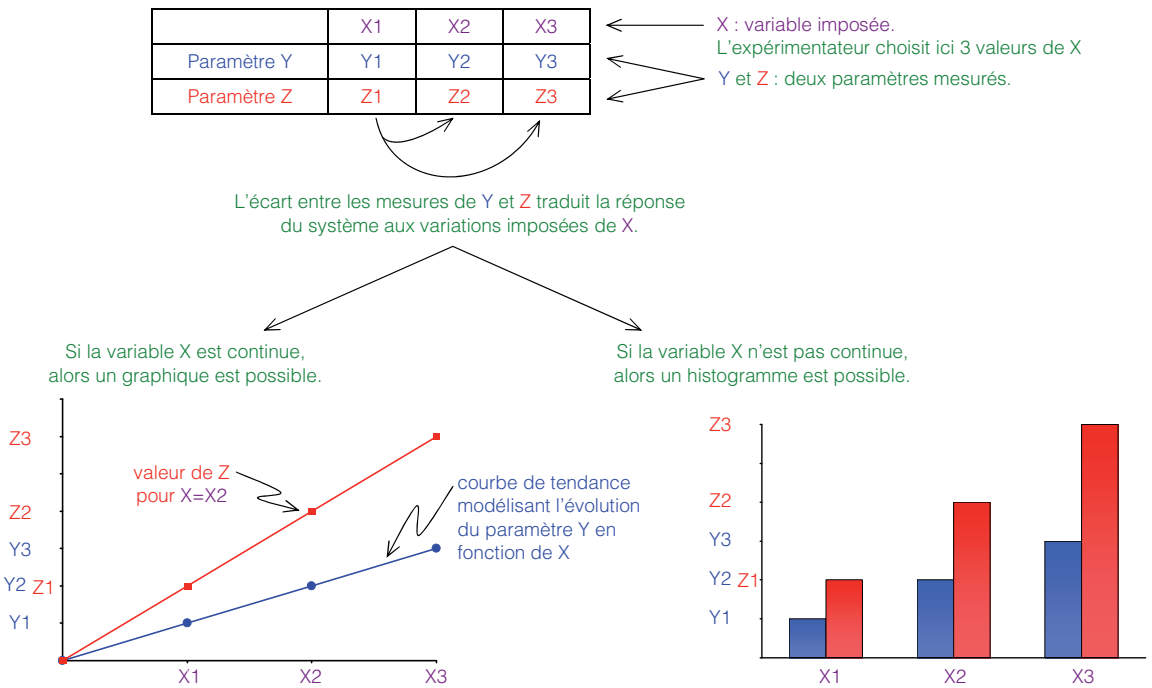


Figure FM3.1

Relation entre tableau de données et représentation sous forme de graphique et d'histogramme

On peut appréhender un tableau, un graphique et un histogramme en répondant aux questions suivantes, de

façon à bien lire le document et repérer les informations pertinentes pour ensuite l'interpréter.