

La présentation et l'analyse des résultats

Quand expérimenter rime avec Expo-sciences

Cette publication fait partie des sept documents complémentaires à *Quand expérimenter rime avec Expo-sciences*, un feuillet présentant les étapes de la démarche scientifique.

Tous ces documents complémentaires ont été conçus pour soutenir les projets en expérimentation et approfondir les étapes de la démarche scientifique. Téléchargez-les dans la section *Réaliser un projet* sous l'onglet *Outils pratiques* du site Web des Expo-sciences.

Trouver une
idée pour un
projet en
expérimentation

Le cahier de
laboratoire :
un outil
incontournable

Partir
à la recherche
d'information

Mettre au point
un protocole
expérimental

Des conseils
pour bien
réussir les
manipulations

La présentation
et l'analyse
des résultats

Communiquer
les résultats
d'un projet en
expérimentation

Une fois les manipulations terminées, il faut analyser les données brutes qui ont été recueillies au cours de l'expérimentation. Il s'agit d'une des étapes clés de la démarche scientifique. L'analyse des résultats permet de **comprendre** et d'**interpréter** les différents résultats obtenus afin de tirer les conclusions appropriées. Ainsi, à la fin de cette étape, il faut être en mesure de déterminer :

- ▶ Si l'hypothèse est vraie ou fausse.
- ▶ S'il est possible de répondre à la question de départ.

1 Les tableaux et graphiques

Les tableaux et les graphiques sont des outils pouvant être utilisés pour présenter les résultats de l'expérimentation. Ils permettent de transmettre efficacement et visuellement un grand nombre de renseignements. Il est important qu'ils soient préparés correctement et ils doivent respecter certaines règles de présentation.

Les **tableaux** permettent de rassembler et de structurer efficacement un ensemble de données, tandis que les **graphiques** sont principalement utilisés pour visualiser plus facilement des résultats ou pour illustrer des relations entre ceux-ci.

Le document suivant présente des règles précises sur les tableaux et les graphiques. Pour des informations complémentaires sur la présentation des résultats au stand ou dans le rapport écrit, consultez le document *Communiquer les résultats d'un projet en expérimentation* ainsi que les règlements de l'Expo-sciences. Le guide *L'Indispensable* présente aussi de nombreux renseignements pertinents à ce sujet.

Principales règles de présentation à respecter

Tous les tableaux et graphiques doivent être **numérotés** et être accompagnés d'un **titre** complet. Ce titre doit être suffisamment précis pour permettre de comprendre exactement ce dont il est question dans le tableau ou le graphique sans avoir besoin de référer au texte ou de chercher des renseignements complémentaires. Le titre doit donc décrire le type de données qu'on y trouve et, s'il y a lieu, les conditions dans lesquelles les données ont été recueillies (exemples : température, humidité, réglage d'un appareil de mesure, date, etc.).

Les **axes** d'un graphique doivent être correctement identifiés. On doit y retrouver le nom de la variable suivie de l'unité de mesure entre parenthèses. On doit également s'assurer que la **graduation** des axes soit faite avec des intervalles réguliers.

Il est important de préciser les **unités de mesure** des données présentées. Dans le cas d'un tableau, les unités de mesure sont indiquées une seule fois, dans l'identification de la ligne ou de la colonne correspondante. Pour ce qui est des graphiques, les unités de mesure sont précisées dans l'identification des axes.

La signification des **symboles** et des **abréviations** utilisés doit être précisée. Dans un tableau, ces indications peuvent être rassemblées immédiatement sous celui-ci, tandis que sur un graphique, elles doivent être rassemblées dans une légende.

Il est important que les symboles et les couleurs choisis pour identifier les séries de données sur un même graphique soient suffisamment différents les uns des autres pour ne pas créer de confusion. Toutefois, lorsqu'une même variable est présente sur plus d'un graphique ou tableau, il peut être pertinent d'utiliser le même symbole ou la même couleur pour identifier cette variable sur tous les graphiques et tableaux où on la retrouve.

Les principaux types de graphiques

Il existe de nombreux types de graphiques pouvant être utilisés pour présenter des résultats. Ce sont la nature des données ainsi que les relations à illustrer qui permettent de faire le choix de ce dernier. Lorsque vient le temps de préparer un graphique, il est possible d'en tracer quelques-uns de différents types, puis de choisir celui qui illustre le mieux les résultats et les relations que l'on souhaite mettre en valeur.

Il ne faut pas hésiter à utiliser plusieurs couleurs pour créer des graphiques dynamiques et attrayants. Ceci est particulièrement vrai pour les affiches exposées au stand. Utiliser des couleurs différentes peut ainsi aider à la compréhension des renseignements transmis par les graphiques.

Les graphiques à trois dimensions (3D) peuvent compliquer la compréhension des résultats en alourdissant leur présentation. C'est pourquoi, avant d'utiliser de tels graphiques, il faut s'assurer qu'ils apporteront réellement plus d'information qu'un graphique à deux dimensions (2D) et qu'ils seront clairs et facilement interprétables.

Finalement, il est important de rappeler qu'il ne faut pas préparer des graphiques seulement « *parce qu'il faut des graphiques* », mais bien parce qu'ils apportent de l'information complémentaire et pertinente et qu'ils améliorent la compréhension des résultats.

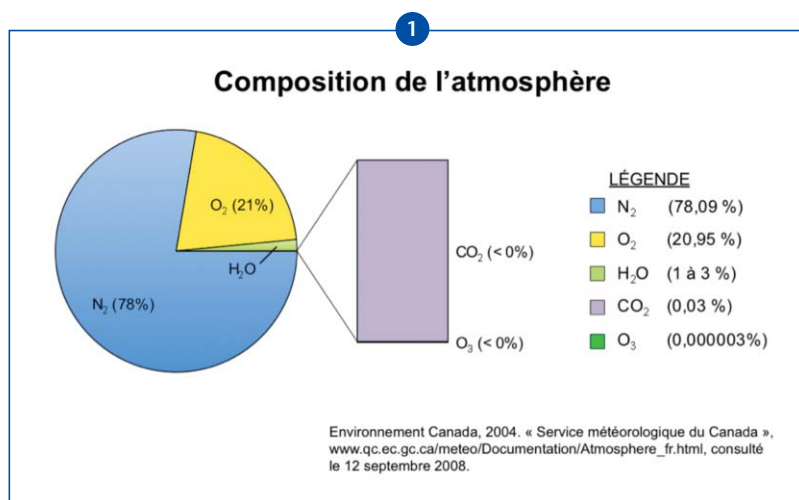
Les exemples qui suivent présentent les principales caractéristiques des types de graphiques couramment utilisés.

Exemple

Types de graphiques couramment utilisés

Diagrammes à secteur (ou « pointes de tarte »)

Les diagrammes à secteur permettent d'illustrer facilement des proportions ou des pourcentages. Ce type de graphique est pertinent principalement lorsqu'il y a peu de valeurs à illustrer (pas plus de 5 ou 6 valeurs) et que la différence entre chacune est suffisante pour être facilement distinguable.



Exemple

Diagramme à bandes (verticales ou horizontales) et histogramme

Les diagrammes à bandes et les histogrammes sont très semblables. Avec ce type de graphique, plus la bande est longue et plus la valeur illustrée est élevée. Ces graphiques sont particulièrement utiles pour illustrer des distributions de fréquence ou pour montrer des tendances. Ils permettent également de comparer le comportement de plusieurs éléments. Enfin, ils sont particulièrement utiles lorsqu'une des variables est représentée par des valeurs non-numériques.

La principale différence entre les diagrammes à bandes et les histogrammes est au niveau des intervalles représentés sur l'axe des « X » (ou sur l'axe des « Y » pour les graphiques horizontaux). Les intervalles représentés sur les diagrammes à bandes sont tous de la même taille, tandis que ceux des histogrammes peuvent être inégaux et la largeur de la bande est alors proportionnelle à l'intervalle représenté.

Diagramme à bandes horizontales

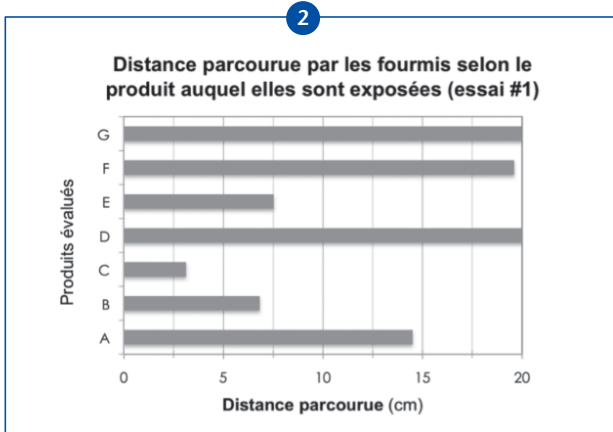
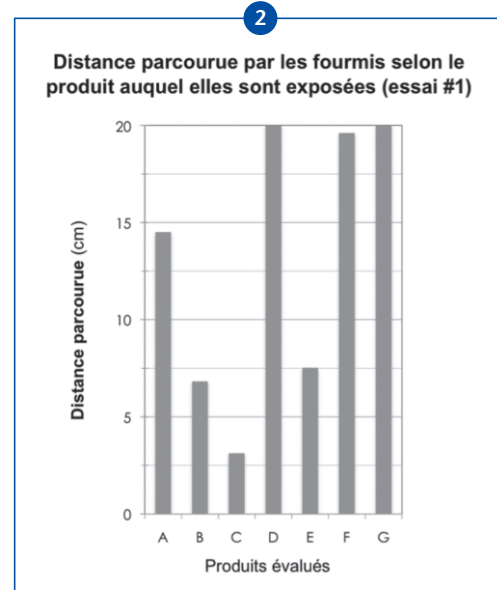


Diagramme à bandes verticales



Histogramme

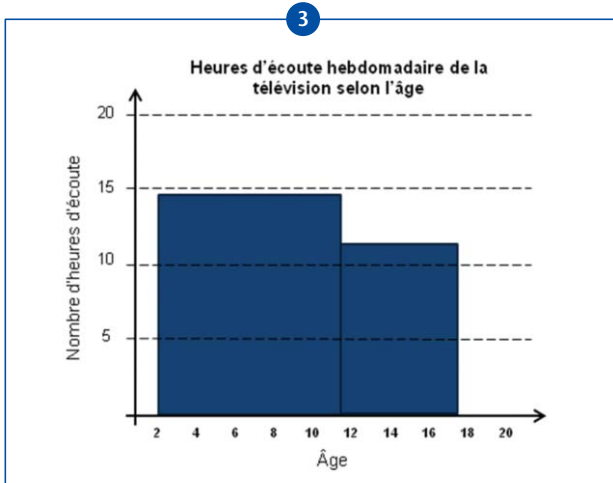
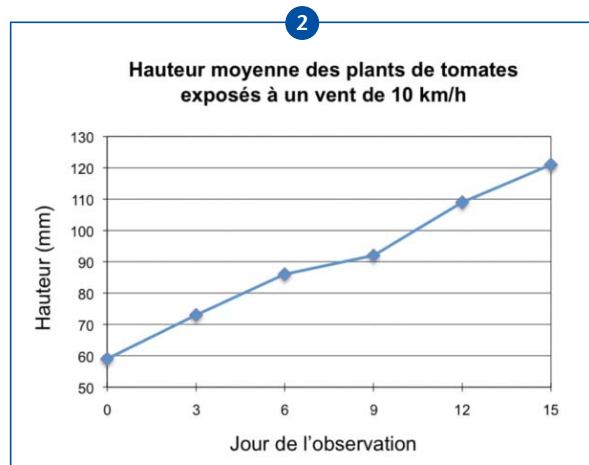
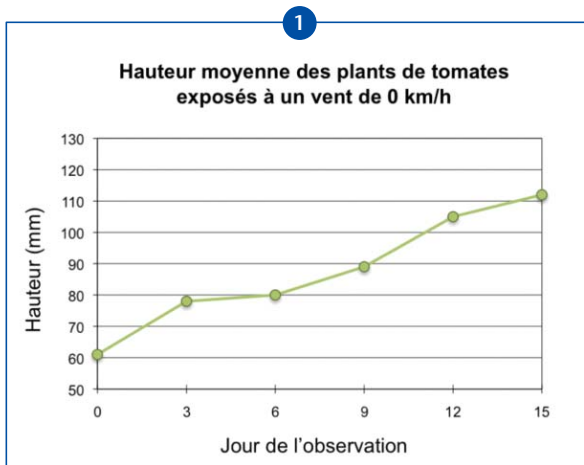


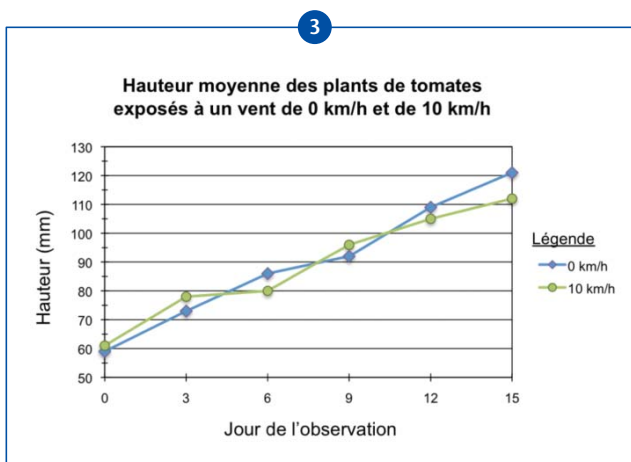
Diagramme linéaire

Le diagramme linéaire est un type de graphique très utilisé. Il permet, entre autres choses, de présenter des résultats sur une période de temps ou d'illustrer des relations entre les variables.

Par exemple, on pourrait utiliser ce type de graphique pour illustrer la relation existant entre la croissance de plants de tomates exposés à différentes vitesses de vent.

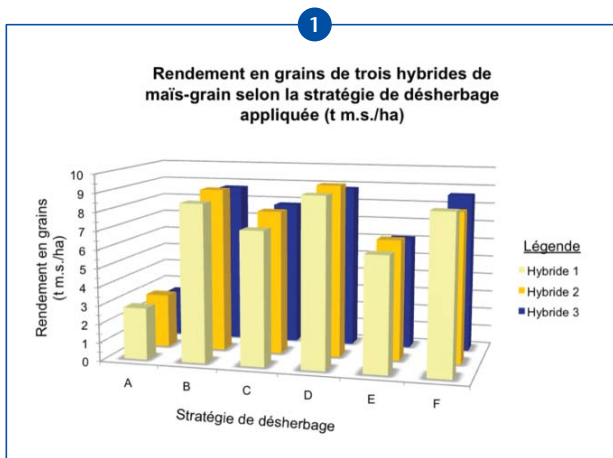


Il est également possible de tracer des graphiques comportant plus d'une série de données. Par exemple, il serait difficile de comparer entre eux les résultats présentés dans les deux graphiques précédents. Il serait alors pertinent de rassembler ces séries de données dans un même graphique. Ce troisième graphique permettrait donc de voir la croissance des plants de tomates exposés à un vent nul (0 km/h) et à un vent de 10 km/h.



Graphique à trois dimensions (3D)

Les graphiques à trois dimensions (3D) peuvent être utilisés pour illustrer les relations entre trois variables. Par contre, il est souvent difficile de préparer de tels graphiques sans en compliquer la compréhension. En fait, les valeurs représentées à l'arrière peuvent être dissimulées (en tout ou en partie) par les valeurs représentées aux premiers plans. Il est également souvent difficile de déterminer les valeurs illustrées puisque certaines bandes sont éloignées des axes.



2 Comment utiliser les données brutes

Les tableaux de données brutes renferment beaucoup d'information. Par contre, il n'est pas toujours facile d'avoir une vue d'ensemble des résultats à partir de ceux-ci. C'est pourquoi il est souvent nécessaire de regrouper différemment les données brutes. Il est alors possible de dessiner de nouveaux tableaux pour y rassembler les données brutes de façon à ce qu'elles soient plus faciles à visualiser et à interpréter. Le document complémentaire *Mettre au point un protocole expérimental* contient aussi des informations sur les données brutes. N'hésitez pas à le consulter!

Le classement des données brutes

Tout d'abord, il est possible de préparer de nouveaux tableaux qui permettent de classer les données brutes différemment. En fait, ces tableaux doivent regrouper les données brutes par traitement, c'est-à-dire par valeur de la variable indépendante.



Par exemple, dans un projet portant sur l'évaluation de l'effet répulsif sur les fourmis de produits trouvés dans un garde-manger, le tableau de données brutes pourrait présenter les données dans l'ordre où elles ont été recueillies. À partir de ce premier tableau, il serait difficile de se faire une idée juste du comportement des fourmis. Par contre, en classant les données brutes selon les produits potentiellement répulsifs, il serait plus facile d'avoir une vue d'ensemble des résultats.

Exemple

Transcription des données brutes en les classant par traitement :

Tableau 1. Distance parcourue par les fourmis (essai #2)

Fourmi #	Produit évalué	Distance parcourue (cm)	Fourmi #	Produit évalué	Distance parcourue (cm)	Fourmi #	Produit évalué	Distance parcourue (cm)	Fourmi #	Produit évalué	Distance parcourue (cm)	Fourmi #	Produit évalué	Distance parcourue (cm)
1	B	6,7	8	G	20,0	15	C	2,9	22	A	14,9	29	F	20,0
2	D	20,0	9	F	19,1	16	B	7,1	23	E	6,9	30	G	20,0
3	D	20,0	10	B	8,5	17	F	18,8	24	D	20,0	31	A	16,1
4	C	2,3	11	E	7,5	18	C	3,2	25	B	6,3	32	E	8,0
5	A	15,5	12	C	3,7	19	A	12,2	26	G	20,0	33	F	20,0
6	F	20,0	13	B	5,4	20	G	20,0	27	D	20,0	34	E	7,3
7	D	20,0	14	G	20,0	21	C	3,4	28	E	7,8	35	A	13,7

Tableau 2. Distance parcourue par les fourmis pour chacun des produits potentiellement répulsifs testés, obtenue lors de l'essai #2

# Répétition	Distance parcourue par fourmi (cm)						
	Produit A	Produit B	Produit C	Produit D	Produit E	Produit F	Produit G
1	15,5	6,7	2,3	20,0			
2	12,2	8,5	3,7	...			
3	14,9	5,4	2,9				
4	16,1	7,1	3,2				
5	13,7	6,3	3,4				

Il est possible de transcrire les données brutes dans un tableur (exemple : Microsoft Excel) et d'utiliser cet outil pour les classer. Ceci permet de simplifier les manipulations des données brutes par la suite (exemples : pour créer de nouveaux tableaux, effectuer des opérations mathématiques, tracer des graphiques, etc.). De plus, puisque les données brutes sont recopiées une seule fois, ceci diminue le risque de provoquer des erreurs de transcription. Il est très important de prendre le temps de vérifier si les données ont correctement été transcrites afin de s'assurer qu'aucune erreur ne s'est glissée (exemples : inversion de données, virgule oubliée ou au mauvais endroit, etc.).

L'examen attentif des données

Une fois que les données brutes ont été regroupées par traitement, il est recommandé de prendre quelques instants pour examiner attentivement celles-ci. Ceci permet de détecter des erreurs potentielles.

L'examen attentif des données brutes doit se faire conjointement avec la lecture des commentaires notés durant les manipulations afin d'enlever les données qui pourraient être erronées. On ne doit pas conserver des données pour lesquelles il y a un doute sur leur exactitude (exemples : incertitude si le bon produit a été utilisé ou si des manipulations ont été réalisées en double sur un élément de l'échantillon, etc.). En fait, il est préférable d'avoir une répétition en moins pour un traitement plutôt que de conserver une donnée erronée.



Par exemple, si on évalue l'effet de la vitesse du vent sur la croissance des plantes et qu'on soupçonne que deux plantes ont été inversées durant quelques jours, il serait préférable d'éliminer les données correspondantes à ces deux plantes. Il y aurait alors une répétition de moins pour ces deux vitesses de vent que pour les autres traitements évalués.

Les données à analyser

En général, ce ne sont pas les données brutes qui doivent être analysées et il faut effectuer des opérations mathématiques ou statistiques avec les données brutes. Le type de calculs à effectuer dépend de la nature des données qui ont été recueillies.

Pour la plupart des projets, le calcul des moyennes suffit souvent pour avoir une idée juste du comportement d'une variable. La **moyenne** correspond à la somme des données divisée par le nombre de données. Il est ainsi possible de calculer la moyenne obtenue pour chacun des traitements évalués, puis de comparer ces moyennes entre elles.



Par exemple, pour déterminer l'effet répulsif sur les fourmis de produits trouvés dans un garde-manger, les données brutes pourraient correspondre à la distance parcourue par une fourmi selon le produit auquel elle est exposée. Afin d'analyser correctement ces résultats, il faudrait d'abord calculer la distance moyenne parcourue avec chacun des produits. Par la suite, ces distances moyennes pourraient être comparées pour déterminer quels produits ont les meilleurs potentiels en tant que répulsif contre les fourmis.

Exemple

Calculs des moyennes pour chaque valeur de la variable indépendante évaluée

Tableau 2. Distance parcourue par les fourmis selon le produit potentiellement répulsif auquel elles ont été exposées (essai #2)

# Répétition	Distance parcourue par fourmi (cm)						
	Produit A	Produit B	Produit C	Produit D	Produit E	Produit F	Produit G
1	15,5	6,7	2,3	20,0	7,5	20,0	20,0
2	12,2	8,5	3,7	20,0	6,9	19,1	20,0
3	14,9	5,4	2,9	20,0	7,8	18,8	20,0
4	16,1	7,1	3,2	20,0	8,0	20,0	20,0
5	13,7	6,3	3,4	20,0	7,3	20,0	20,0
Moyenne	14,5	6,8	3,1	20,0	7,5	19,6	20,0

Note : Au départ, la fourmi est située à 20 cm de la cible (un fruit très mur). Ainsi, lorsque la fourmi atteint la cible, la distance parcourue est notée « 20 ».

Pour certains projets, il peut être possible d'obtenir un complément d'information à partir des données recueillies lors de l'expérimentation en réalisant différentes analyses statistiques (exemples : variance, écart-type, tests d'hypothèses, etc.).

Pour savoir comment appliquer ces calculs à son projet ou pour obtenir plus de renseignements à ce sujet, il est recommandé à l'élève de s'informer auprès des gens de son entourage. Il y a probablement quelqu'un en mesure de lui donner un coup de main (un membre de la famille, un ami, un enseignant de l'école ou d'un cégep à proximité, etc.). Par contre, s'il effectue de telles analyses statistiques, il est **très important** qu'il comprenne **pourquoi et comment** ces statistiques ont été obtenues.

3 Interprétation des résultats

L'interprétation des résultats consiste à **comprendre le comportement des variables** étudiées dans le projet. Pour cela, il est nécessaire de faire un retour sur les résultats obtenus ainsi que sur le déroulement de l'expérimentation. Lors des précédentes **recherches d'information**, de nombreux renseignements ont été rassemblés. L'élève a donc probablement déjà trouvé certaines explications théoriques sur les phénomènes impliqués. Également, il a peut-être les résultats de projets de recherche qui ressemblaient à sa question de départ. Tous ces renseignements peuvent être utiles pour comprendre ses propres résultats. Toutefois, il ne faut pas hésiter à rechercher à nouveau de l'information afin d'avoir tous les renseignements nécessaires et pertinents pour interpréter les résultats.

Le plus important lors de l'interprétation des résultats, c'est d'être en mesure d'expliquer les résultats obtenus ainsi que les phénomènes impliqués dans l'expérimentation. Pour l'aider à orienter sa réflexion, l'élève peut s'inspirer des questions suivantes :

- ▶ *Qu'ai-je appris, observé ou trouvé d'intéressant?*
- ▶ *De quelles façons les résultats se comparent-ils à ce que j'avais prévu?*
- ▶ *Que puis-je conclure à partir de mes résultats?*
- ▶ *Quels sont les points forts et les points faibles de mon protocole?*
- ▶ *Quelles sont les sources d'erreur qui ont pu influencer mes résultats?*
- ▶ *Est-ce que mes résultats me mènent sur des pistes qui me permettent d'émettre de nouvelles hypothèses? Est-ce qu'ils soulèvent de nouvelles questions?*

4 Formuler la conclusion du projet

Pour formuler la conclusion d'un projet, il faut d'abord faire une synthèse des principaux points de l'analyse. Puis, il est important de faire un **retour sur l'hypothèse** (*Peut-elle être déclarée vraie ou fausse?*) et sur la **question de départ** (*Est-ce que les résultats obtenus permettent d'y répondre?*). La conclusion doit également présenter les points forts et les points faibles du projet, ainsi que les améliorations qui pourraient y être apportées.

Enfin, les résultats obtenus ont probablement soulevés certaines questions auxquelles l'élève n'est pas en mesure de répondre maintenant ou peut-être permettent-ils d'émettre de nouvelles hypothèses. Ces nouvelles questions et hypothèses font également partie de la conclusion du projet.

Le cas de « l'hypothèse fausse »

À la suite de l'expérimentation, l'élève a pu déterminer si son hypothèse était **VRAIE** ou **FAUSSE**. Dans le cas où il déclare **l'hypothèse fausse**, il est très important de ne **pas la changer**. En fait, cette hypothèse est UNE des réponses possibles à la question et elle a été formulée à partir de l'information disponible à ce moment. Il faut se rappeler que l'important, c'est la **démarche** qui a permis cette conclusion. L'élève a vérifié quelque chose et il est possible de le démontrer à partir de ses résultats! Ainsi, un projet qui déclare que son hypothèse est fausse peut être tout aussi valable que celui dont l'hypothèse est déclarée vraie. Tout dépend de la qualité de la démarche scientifique qui a été suivie.

