

# Mettre au point un **protocole** expérimental

## 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

La mise au point du protocole expérimental est une étape clef de la démarche scientifique, donc de tous les projets en expérimentation à l'Expo-sciences. Le protocole correspond aux étapes qui doivent être réalisées afin de répondre à la **question** de départ. C'est donc à cette étape que l'élève va déterminer **comment** il va faire pour vérifier si son **hypothèse** est vraie ou fausse. Pour en savoir plus sur la question de départ et sur l'hypothèse, on peut consulter le document *Trouver une idée pour un projet en expérimentation*.

Un protocole bien planifié permet de diminuer les pertes de temps lors des manipulations. De plus, cela permet de s'assurer que les résultats seront en lien avec l'hypothèse et la question de départ.

Il est possible que l'on doive adapter le protocole en cours de route pour répondre à des imprévus. Toutefois, un protocole bien planifié dès le départ n'entraînera souvent que quelques corrections mineures.

La mise au point du protocole expérimental peut être influencée par des facteurs sur lesquels peu de contrôle peut être exercé. Il faut ainsi tenir compte, entre autres, du lieu où seront réalisées les manipulations, du budget disponible, du matériel accessible, des délais avant l'Expo-sciences, etc.

Il est important de vérifier que le protocole soit conforme aux règlements. De plus, s'il y a lieu, il faut s'assurer d'obtenir toutes les **autorisations** requises pour le projet **AVANT** de rassembler le matériel et de commencer les manipulations. Il est également préférable de faire valider le protocole par un enseignant durant sa mise au point afin d'obtenir ses commentaires et ses suggestions et pour s'assurer de ne pas faire fausse route.

**Note :** Pour aider à comprendre les différents concepts expliqués dans ce document, des exemples seront donnés au fur et à mesure des explications. Ces exemples sont basés sur les cinq projets fictifs présentés dans le tableau qui suit :

	Questions	Hypothèses
1.	Quelle est l'influence de la pression de l'air contenu dans un ballon de basketball sur la hauteur de ses bonds?	Il n'y a pas de lien entre la hauteur des bonds d'un ballon de basketball et la pression de l'air qu'il contient (en % de la pression réglementaire).
2.	Quelle est l'influence du type de gaz contenu dans un ballon sur la hauteur de ses bonds?	Un ballon de basketball gonflé à l'air ambiant bondit plus haut qu'un ballon gonflé à l'azote ou à l'hélium.
3.	Quel est l'effet du vent sur la croissance des plantes?	<b>A)</b> La croissance d'un plant de tomates diminue lorsque la vitesse du vent auquel il est exposé augmente. <b>B)</b> L'inclinaison de la tige principale d'un plant de tomates augmente avec la vitesse du vent.
4.	Quel est l'effet répulsif de certains produits domestiques sur les fourmis? *	Certains produits trouvés dans un garde-manger peuvent être utilisés comme répulsif contre les fourmis.*
5.	Quelle méthode de conservation « maison » protège mieux la nourriture contre les bactéries?	La congélation (à -18°C) permet une prolifération des bactéries moins élevée que la mise en conserve en pots de verre.

\* Les expérimentations avec des animaux vivants doivent être réalisées dans une institution reconnue. Avant de débiter un projet avec des êtres vivants, consulter attentivement les règlements afin d'obtenir toutes les autorisations requises et pour s'assurer que le protocole soit conforme.

# 1 Identifier les variables

Comme leur nom l'indique, les variables représentent ce qui varie dans un projet de recherche. En fait, ce sont les caractéristiques que l'on veut étudier en expérimentant. Il en existe deux types, les **variables indépendantes** et les **variables dépendantes**.

## 1.1 Les variables indépendantes

Une variable indépendante est une caractéristique que l'on décide **de faire varier** pour étudier son effet. En fait, il s'agit de la caractéristique dont la valeur est contrôlée par la personne qui expérimente.



Par exemple, dans un projet portant sur l'influence de différentes vitesses du vent sur la croissance des plantes, la variable indépendante serait la vitesse du vent. En fait, il s'agit de la caractéristique que l'ÉLÈVE décide de faire varier et qu'il contrôle.

Chaque variable indépendante peut ainsi prendre plus d'une valeur. Les valeurs qui seront évaluées doivent être déterminées dès le début du projet et ne sont pas modifiées par la suite. Chacune de ces valeurs est appelée un **traitement**. Il y a ainsi plus d'un traitement par projet.

Il est important de ne pas choisir au hasard les traitements, c'est-à-dire les valeurs de la variable indépendante qui seront évaluées. En fait, il doit y avoir une explication logique derrière chacun de ces choix et ces valeurs doivent représenter des événements plausibles.



Dans un projet sur l'exposition des plantes au vent, on pourrait décider d'étudier le comportement d'une plante soumise à des vents extrêmes, soit durant une tornade ou un ouragan. Dans cet exemple, la variable indépendante est la vitesse du vent. Ceci représente une situation plausible, même si les vitesses du vent évaluées correspondent à des événements rares ou extrêmes. Par contre, on pourrait décider d'évaluer les effets de vents plus faibles et fréquents, soit par exemple les quatre traitements suivants : 0 km/h, 10 km/h, 20 km/h et 30 km/h.

De la même manière, si on voulait déterminer l'influence de la pression de l'air dans un ballon sur la hauteur de ses bonds, la variable indépendante serait la pression de l'air dans le ballon. On pourrait ainsi décider d'évaluer l'effet de quatre pressions différentes (ce projet aurait donc quatre traitements) : la pression réglementaire (100 %), puis 75 %, 50 % et 25 % de la pression réglementaire. Dans cet exemple, les traitements évalués représentent une situation plausible, qui pourrait se produire dans des conditions habituelles, soit un ballon dégonflant graduellement.


Les variables indépendantes ne sont pas nécessairement représentées par des valeurs numériques. Dans certains cas, il peut s'agir de la forme ou de l'état de la caractéristique qui est étudiée.




Dans un projet sur l'influence du type de gaz dans un ballon sur la hauteur de ses bonds, la variable indépendante serait le type de gaz tandis que les traitements correspondraient aux différents gaz évalués, par exemple l'air ambiant, l'azote et l'hélium.

## 1.2 Les variables dépendantes

Une variable dépendante est une caractéristique qui peut **varier en réaction** à une variable indépendante. On peut aussi dire qu'**elle subit l'influence** de la variable indépendante, donc qu'**elle en dépend**. Les variables dépendantes correspondent aux caractéristiques qui seront mesurées à la suite de l'application des traitements.

 Ainsi, si un projet étudie l'influence du type de gaz dans un ballon sur la hauteur de ses bonds, la variable dépendante serait la hauteur des bonds (en centimètres). En fait, la hauteur des bonds est la caractéristique qui subit l'influence du type de gaz (la variable indépendante).

Chaque variable indépendante peut influencer plus d'une caractéristique de ce qui est étudié. C'est pourquoi il peut y avoir plus d'une variable dépendante pour chaque variable indépendante.

 Dans un projet sur l'effet du vent sur les plantes, la vitesse du vent (la variable indépendante) peut influencer les plantes de plus d'une façon. Ainsi, les variations de la vitesse du vent pourraient entraîner des changements sur le taux de croissance de la plante ou sur l'inclinaison de la tige principale. Dans cet exemple, il pourrait donc y avoir deux variables dépendantes, soit deux caractéristiques qui sont influencées par la vitesse du vent et dont on veut observer la réaction.

### En résumé

Une **variable indépendante** est la caractéristique qui est contrôlée par la personne qui expérimente, tandis que les **traitements** correspondent aux valeurs de cette variable indépendante qui seront évaluées. Pour sa part, la **variable dépendante** est la caractéristique qui subit l'influence de la variable indépendante (donc des traitements) et dont on veut étudier la réaction.

Variable indépendante	Traitement	Variable dépendante
Caractéristique dont la valeur est contrôlée par la personne qui expérimente. Par l'expérimentation, on cherche à étudier son effet sur une autre caractéristique.	Les différentes valeurs prises par la variable indépendante qui seront évaluées dans le cadre d'un projet.	Caractéristique qui subit l'influence de la variable indépendante et pouvant varier à la suite de l'application des traitements.

### 1.3 Bien identifier les variables

Il est important de bien identifier les variables dépendantes et les variables indépendantes **au début du projet**. En fait, les variables sont à la base du protocole expérimental, puisque **c'est pour observer leurs comportements que l'on expérimente**. Pour les identifier plus facilement, on peut relire la question et l'hypothèse. Une fois les variables identifiées, il faut déterminer quels traitements seront évalués, c'est-à-dire quelles sont les valeurs de la variable indépendante qui seront testées. Pour bien distinguer les notions de variables indépendantes, de variables dépendantes et de traitements, le tableau qui suit présente cinq exemples complets.

Questions	Hypothèses	Variables indépendantes	Traitements	Variables dépendantes
Quelle est l'influence de la pression de l'air contenu dans un ballon de basketball sur la hauteur de ses bonds?	Il n'y a pas de lien entre la hauteur des bonds d'un ballon de basketball et la pression de l'air qu'il contient (en % de la pression réglementaire).	Pression de l'air dans le ballon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression réglementaire (100 %)</li> <li>• 75 % de la pression réglementaire</li> <li>• 50 % de la pression réglementaire</li> <li>• 25 % de la pression réglementaire</li> </ul>	Hauteur des bonds (en cm et en % de la hauteur des bonds d'un ballon à la pression réglementaire)
Quelle est l'influence du type de gaz contenu dans un ballon sur la hauteur de ses bonds?	Un ballon de basketball gonflé à l'air ambiant bondit plus haut qu'un ballon gonflé à l'azote ou à l'hélium.	Type de gaz dans le ballon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Air ambiant</li> <li>• Azote</li> <li>• Hélium</li> </ul>	Hauteur des bonds (en cm)
Quel est l'effet du vent sur la croissance des plantes?	<p><b>A)</b> La croissance d'un plant de tomates diminue lorsque la vitesse du vent auquel il est exposé augmente.</p> <p><b>B)</b> L'inclinaison de la tige principale d'un plant de tomates augmente avec la vitesse du vent auquel il est exposé.</p>	Vitesse du vent	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 km/h</li> <li>• 10 km/h</li> <li>• 20 km/h</li> <li>• 30 km/h</li> </ul>	<p><b>A)</b> Croissance des plants (en mm)</p> <p><b>B)</b> Angle de la tige principale (par rapport à un angle droit avec le sol)</p>
Quel est l'effet répulsif de certains produits domestiques sur les fourmis? *	Certains produits trouvés dans un garde-manger peuvent être utilisés comme répulsif contre les fourmis.	Produit domestique potentiellement répulsif	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vinaigre</li> <li>• Sauce soya</li> <li>• Bicarbonate de sodium</li> <li>• Poivre</li> <li>• Sel</li> <li>• Eau</li> <li>• Rien</li> </ul>	Distance en ligne droite parcourue par la fourmi en direction de la cible, un fruit très mur (en cm)
Quelle méthode de conservation « maison » protège mieux la nourriture contre les bactéries?	La congélation (à -18 °C) permet une prolifération des bactéries moins élevée que la mise en conserve en pots de verre.	Méthode de conservation des aliments	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Congélation (-18 °C)</li> <li>• Mise en conserve en pots de verre</li> </ul>	Quantité de bactéries

\* Les expérimentations avec des animaux vivants doivent être réalisées dans une institution reconnue. Avant de débiter un projet avec des êtres vivants, consulter attentivement les règlements afin d'obtenir toutes les autorisations requises et pour s'assurer que le protocole soit conforme.

## 2 Rechercher de l'information

Une des premières démarches à entreprendre pour mettre au point un protocole expérimental est de **rassembler l'information** nécessaire. Certains des renseignements obtenus lors de précédentes recherches d'information pourront être utiles. Toutefois, il est probable que l'élève ait besoin de se documenter à nouveau. Pour en savoir plus à ce sujet, on peut consulter le document complémentaire *Partir à la recherche d'information*.

Il faut donc réunir, entre autres, des renseignements sur les techniques et les méthodes qui pourraient être utilisées pour valider l'hypothèse. Pour cela, l'élève peut essayer de répondre à la question suivante : « *Quelles sont les techniques et les méthodes utilisées par les chercheurs travaillant dans le même domaine que mon projet?* ».

Lors de ses recherches d'information, l'élève trouvera peut-être des résumés ou des rapports de projets de recherche scientifique portant sur des problématiques semblables à sa question de départ. Ces documents sont parfois disponibles sur les sites Internet de ministères, d'universités, de centres de recherche, etc. Ces documents peuvent fournir de l'information pertinente sur les méthodologies qu'il pourrait utiliser. Les différents renseignements rassemblés à cette étape aideront l'élève à mettre au point son propre protocole expérimental.

## 3 Planifier les manipulations

À partir des renseignements recueillis et des connaissances acquises, il faut **déterminer la meilleure façon** de vérifier si l'hypothèse est vraie ou fausse. Pour ce faire, l'élève peut s'inspirer d'un protocole existant et l'adapter afin qu'il corresponde à son projet ou bien concevoir un protocole entièrement par lui-même.

Peu importe la manière utilisée pour élaborer le protocole expérimental, il est très important de comprendre **pourquoi** les manipulations choisies sont appropriées au projet. Il faut également être capable d'expliquer le protocole aux juges et aux visiteurs.

Il ne faut pas oublier d'indiquer la référence de toutes les **sources d'information** utilisées (tel qu'indiqué dans le document complémentaire *Communiquer les résultats d'un projet en expérimentation*). Si l'élève a choisi d'adapter un protocole existant, il doit indiquer la référence et préciser les modifications apportées. S'il conçoit lui-même son protocole, il doit mentionner toutes les sources d'information consultées pour y arriver.

Les étapes du protocole doivent être décrites le plus précisément possible. Il faut donc y préciser, par exemple, le matériel nécessaire, les quantités requises, le type de montage à effectuer, les appareils à utiliser, les temps de réaction ou d'attente, la température, les unités de mesure, etc.

Le protocole doit comprendre suffisamment de détails pour que quelqu'un voulant reproduire cette expérimentation puisse le faire en utilisant seulement les renseignements qui y sont mentionnés. Enfin, il est recommandé de prévoir des étapes courtes et simples. Cela diminue le risque d'erreurs lors des manipulations.

Lors de l'élaboration d'un protocole, il faut prendre en compte différents éléments. Ses éléments ne sont pas nécessairement pertinents pour tous les types de projet. Il est donc suggéré à l'élève d'utiliser les prochaines sections comme une « liste de pistes à suivre » et de se concentrer sur ceux qui s'appliquent à son expérimentation. Les prochaines sections décrivent les éléments suivants : **l'échantillonnage**, la **distribution au hasard**, les **répétitions**, les **témoins**, le **matériel**, **l'environnement à contrôler** et la **collecte des données brutes**.

### 3.1 L'échantillonnage

Il est possible qu'on ne puisse pas réaliser l'expérimentation sur *tous* les éléments concernés par le projet. Par exemple, si on souhaite déterminer l'effet répulsif d'un produit sur les fourmis, on ne pourra pas effectuer les tests sur *toutes* les fourmis vivantes dans le monde! Il faudra donc réaliser l'expérimentation avec un échantillon comprenant un nombre prédéterminé de fourmis.

L'**échantillon** doit être le plus **homogène** possible afin d'éviter que les résultats obtenus soient influencés par autre chose que par les traitements évalués (c'est-à-dire par la variable indépendante).



Par exemple, pour étudier l'effet du vent sur la croissance des plantes, il est important de choisir des plantes semblables les unes aux autres. On ne peut obtenir des conclusions significatives si la taille des plants n'est pas la même au départ. Aussi, puisque chaque espèce de plante a une croissance différente, on ne pourrait pas mélanger des plants de tomates et des plants de poivrons.

De la même manière, pour évaluer l'effet répulsif de produits domestiques sur les fourmis, il est important de constituer l'échantillon avec des fourmis semblables les unes aux autres. Il faudrait alors vérifier, entre autres, si elles appartiennent à la même espèce (par exemple, seulement des fourmis rouges ou seulement des fourmis charpentières), si ce sont toutes des ouvrières, si leur taille est semblable, etc.

L'**échantillon** doit également être **représentatif de la population totale**, c'est-à-dire qu'il doit se comporter comme celle-ci l'aurait fait. Pour cela, un échantillon doit être **composé du plus grand nombre d'éléments possible**. Il n'y a pas de règles précises pour déterminer la taille idéale d'un échantillon. Il faut faire un compromis entre un échantillon de très grande taille et les diverses contraintes pouvant être rencontrées. Ces contraintes peuvent être l'espace accessible, le matériel et le budget disponible, le temps nécessaire pour effectuer les manipulations et pour noter les observations, etc.

Il est important de préciser que le terme « **population** » ne fait pas uniquement référence à des humains, mais plutôt à l'ensemble des éléments sur lesquels porte l'expérimentation. Il peut ainsi s'agir d'une espèce d'insectes, de plantes ou de poissons, d'un type de minerai, de piles, de champignons, de bactéries, de ressorts, de boissons gazeuses, etc.



Par exemple, pour évaluer l'influence du type de gaz dans un ballon de basketball, les manipulations devraient être réalisées sur un échantillon, puisqu'il serait impossible de le faire avec *tous* les ballons de basketball. Pour constituer cet échantillon, il faudrait rassembler des ballons neufs qui se ressemblent (de la même marque et du même modèle). Il faudrait également s'assurer que leur diamètre et leur poids sont semblables, car la quantité de caoutchouc peut influencer les bonds. Dans ce projet, la population représentée par l'échantillon correspondrait à l'ensemble des ballons du même type que ceux utilisés.

## 3.2

### La distribution au hasard

Une des premières règles à respecter en statistiques pour s'assurer de la validité des résultats est celle de la **distribution au hasard** (qu'on appelle également la *distribution aléatoire*). Dans le cas d'un projet d'Expo-sciences en expérimentation, cela signifie qu'il faut choisir entièrement au hasard quel traitement sera attribué à chaque élément de l'échantillon. De plus, si l'échantillon doit être séparé en petits groupes, cela doit également être fait au hasard et sans imposer de contraintes.

Pour respecter cette règle, il n'est pas nécessaire d'utiliser une méthode complexe. On peut simplement donner un numéro à chaque élément de l'échantillon, placer ces numéros dans un panier et procéder à un tirage.



Par exemple, pour évaluer l'effet de la pression de l'air dans un ballon sur la hauteur de ses bonds, l'élève pourrait attribuer un numéro à chacun des ballons de l'échantillon. Par la suite, il pourrait tirer au sort pour déterminer à quelle pression sera gonflé chaque ballon.



### 3.3 Les répétitions

Pour diminuer les probabilités que les résultats obtenus soient la conséquence d'un phénomène autre que celui qu'on veut observer, il est nécessaire d'obtenir plus d'un résultat pour chacun des traitements (c'est-à-dire pour chaque valeur de la variable indépendante). Ainsi, les manipulations permettant d'évaluer chaque traitement sont effectuées plus d'une fois, et ce, sur un élément différent de l'échantillon à chaque reprise. C'est ce qu'on appelle les **répétitions**.

Le nombre de répétitions doit être prévu dans le protocole. Les manipulations associées aux répétitions d'un même traitement ne doivent pas être effectuées une à la suite de l'autre, mais elles doivent plutôt être réalisées dans le désordre (on dit aussi *aléatoirement*). Cela permet d'augmenter la validité des résultats.



Par exemple, un projet portant sur l'effet de quatre vitesses de vent (les traitements) sur la croissance de plants de tomates pourrait comprendre quatre répétitions. Il faudrait alors constituer un échantillon comprenant 16 plantes semblables afin de réaliser l'ensemble des manipulations de ce protocole (puisque chacun des quatre traitements est testé avec quatre plantes différentes).

Afin d'améliorer la validité des résultats, il est également possible de refaire plus d'une fois l'ensemble du protocole expérimental. Chacune des fois où l'ensemble du protocole est effectué est appelée un **essai**.



Par exemple, il est possible d'évaluer l'influence de trois types de gaz (air ambiant, azote et hélium) sur la hauteur des bonds en effectuant quatre répétitions, et ce, avec 12 ballons. Par la suite, il serait possible de faire un deuxième essai en recommençant l'ensemble des manipulations et en utilisant les mêmes 12 ballons. Pour réaliser ce deuxième essai, il faudrait refaire une distribution au hasard d'un type de gaz à chacun des 12 ballons. Dans ce projet, il y aurait donc eu deux essais comprenant chacun quatre répétitions.













## Exemples

### A. Distribution au hasard des traitements et des répétitions aux éléments de l'échantillon

#### A.1 Projet évaluant l'influence du type de gaz contenu dans un ballon de basketball sur la hauteur de ses bonds

<b>Question :</b>	Quelle est l'influence du type de gaz contenu dans un ballon sur la hauteur de ses bonds?
<b>Hypothèse :</b>	Un ballon de basketball gonflé à l'air ambiant bondit plus haut qu'un ballon gonflé à l'azote ou à l'hélium.
<b>Variable indépendante :</b>	Type de gaz dans le ballon
<b>Traitements :</b>	3 traitements : azote, hélium et air ambiant
<b>Variable dépendante :</b>	Hauteur des bonds (en cm)
<b>Nombre de répétitions :</b>	4 répétitions
<b>Taille de l'échantillon :</b>	12 ballons (puisque chacun des 3 gaz est testé avec 4 ballons différents)

#### A.2 Distribution au hasard des traitements aux éléments de l'échantillon :

 Ballon #1 <b>Hélium</b> (Répétition #1)	 Ballon #2 <b>Air</b> (Répétition #3)	 Ballon #3 <b>Hélium</b> (Répétition #3)	 Ballon #4 <b>Azote</b> (Répétition #4)
 Ballon #5 <b>Air</b> (Répétition #2)	 Ballon #6 <b>Azote</b> (Répétition #1)	 Ballon #7 <b>Air</b> (Répétition #4)	 Ballon #8 <b>Hélium</b> (Répétition #2)
 Ballon #9 <b>Hélium</b> (Répétition #4)	 Ballon #10 <b>Azote</b> (Répétition #2)	 Ballon #11 <b>Azote</b> (Répétition #3)	 Ballon #12 <b>Air</b> (Répétition #1)

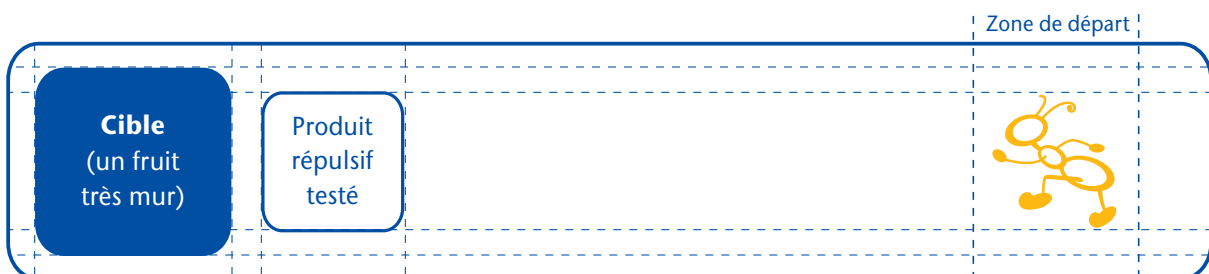
## Exemples

### B. Distribution au hasard des traitements et des répétitions aux éléments de l'échantillon

#### B.1 Projet évaluant l'effet répulsif de produits trouvés dans un garde-manger sur les fourmis












<b>Question :</b>	Quel est l'effet répulsif de certains produits domestiques sur les fourmis?
<b>Hypothèse :</b>	Certains produits trouvés dans un garde-manger peuvent être utilisés comme répulsif contre les fourmis.
<b>Variable indépendante :</b>	Produits potentiellement répulsifs
<b>Traitements :</b>	7 traitements : produits A, B, C, D, E, F et G
<b>Variable dépendante :</b>	Distance en ligne droite parcourue par la fourmi en direction de la cible (en cm)
<b>Nombre de répétitions :</b>	5 répétitions
<b>Taille de l'échantillon :</b>	35 fourmis (puisque chacun des 7 produits est testé avec 5 fourmis différentes)

#### B.2 Schéma du dispositif utilisé pour évaluer l'effet répulsif des produits sur les fourmis



**Explication du schéma :** À tour de rôle, les fourmis sont déposées à une extrémité d'un tunnel dans la zone de départ (entre les lignes pointillées). À l'autre extrémité, se trouve un fruit très mur (la « cible ») pour y attirer la fourmi. Le produit potentiellement répulsif testé est déposé devant la cible. Après un temps prédéterminé, la distance parcourue par la fourmi en direction de la cible est notée.

### B.3 Distribution au hasard des traitements aux éléments de l'échantillon :

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

### 3.4 Les témoins

Il est parfois nécessaire de comparer les résultats obtenus avec une valeur « neutre », c'est-à-dire avec le comportement qui serait observé sans l'expérimentation. Il faut alors planifier dans le protocole expérimental un ou plusieurs témoins. Les **témoins** font partie de l'échantillon, ils suivent toutes les étapes du protocole expérimental, mais dans leur cas, la variable indépendante ne varie pas, elle a une « valeur neutre ». Il faut le même nombre de répétitions de la valeur témoin que des autres valeurs de la variable indépendante.



Par exemple, pour évaluer l'effet répulsif de produits trouvés dans un garde-manger sur les fourmis, il faudrait prévoir l'utilisation de témoins. En fait, il serait important de savoir si le comportement observé est réellement dû à l'effet des produits testés. Dans cet exemple, il pourrait y avoir deux valeurs de la variable indépendante comme témoin. La première valeur témoin serait simplement de n'utiliser aucun produit. Cela permettrait de vérifier si la fourmi atteint la cible lorsqu'il n'y a pas de substance répulsive devant elle. Puis, si certains produits testés sont des liquides, il serait pertinent de vérifier si la présence de liquide « dérange » la fourmi et l'empêche d'atteindre la cible. La seconde valeur témoin pourrait alors être de l'eau, puisqu'il s'agit d'une substance sans odeur qui ne devrait pas incommoder la fourmi.

















## Exemple

### C. Utilisation de témoin dans un protocole expérimental

#### C.1 Projet évaluant l'effet du vent sur la croissance des plantes

<b>Question :</b>	Quel est l'effet du vent sur la croissance des plantes?
<b>Hypothèses :</b>	<b>A)</b> La croissance d'un plant de tomates diminue lorsque la vitesse du vent auquel il est exposé augmente. <b>B)</b> L'inclinaison de la tige principale d'un plant de tomates augmente avec la vitesse du vent auquel il est exposé.
<b>Variable indépendante :</b>	Vitesse du vent
<b>Traitements :</b>	4 traitements : 0 km/h ( <b>témoin</b> ), 10 km/h, 20 km/h et 30 km/h
<b>Variables dépendantes :</b>	<b>A)</b> Croissance des plants (en mm) <b>B)</b> Angle de la tige principale (par rapport à un angle droit avec le sol)
<b>Nombre de répétitions :</b>	4 répétitions
<b>Taille de l'échantillon :</b>	16 plantes (puisque chacune des 4 vitesses du vent est testée avec 4 plantes différentes)

#### C.2 Distribution au hasard des traitements (incluant la valeur témoin) aux éléments de l'échantillon :

 Plante #1 <b>0 km/h</b> (témoin)	 Plante #2 <b>20 km/h</b>	 Plante #3 <b>10 km/h</b>	 Plante #4 <b>30 km/h</b>
 Plante #5 <b>30 km/h</b>	 Plante #6 <b>10 km/h</b>	 Plante #7 <b>30 km/h</b>	 Plante #8 <b>0 km/h</b> (témoin)
 Plante #9 <b>10 km/h</b>	 Plante #10 <b>20 km/h</b>	 Plante #11 <b>0 km/h</b> (témoin)	 Plante #12 <b>20 km/h</b>
 Plante #13 <b>0 km/h</b> (témoin)	 Plante #14 <b>30 km/h</b>	 Plante #15 <b>20 km/h</b>	 Plante #16 <b>10 km/h</b>

### 3.5 Le matériel

Une fois les étapes à réaliser, les traitements qui seront évalués et le nombre de répétitions établis, il faut dresser une liste de tout le matériel requis. Par la suite, il faut indiquer les quantités nécessaires de chaque élément. Lorsque cette liste est terminée, on peut alors déterminer où et comment on peut se procurer le tout.

Lorsque plusieurs exemplaires d'un même article sont nécessaires, il est important que ceux-ci soient homogènes, c'est-à-dire qu'ils doivent se ressembler le plus possible (exemples : même marque ou fabricant, taille, poids ou volume identique, etc.). Ceci est important pour s'assurer que l'état du matériel utilisé n'influencera pas les résultats qui seront observés.



Par exemple, pour évaluer des méthodes de conservation « maison » des aliments, il faudrait utiliser des contenants identiques, c'est-à-dire de la même marque, du même modèle et du même volume. Par contre, il est possible qu'on ne puisse pas utiliser le même type de contenant pour la congélation et pour la mise en conserve. Il faudrait alors sélectionner deux types de contenants (soit un par traitement) qui possèdent le plus de caractéristiques communes (même volume et forme semblable, par exemple).

Enfin, voici quelques points à ne pas oublier :

- ▶ Si l'élève a du matériel à emprunter, il ne doit pas oublier de faire les réservations nécessaires afin que le matériel soit disponible et en bon état au moment où il en aura besoin.
- ▶ Certains appareils et instruments de mesure doivent être étalonnés<sup>1</sup> régulièrement (balances, thermomètre, pH-mètre, etc.). Il ne faut pas oublier de demander si les vérifications nécessaires ont été faites sur les appareils et les instruments qui seront utilisés.
- ▶ Prévoir un endroit adéquat pour effectuer les manipulations et, s'il y a lieu, ne pas oublier de faire les réservations nécessaires à l'avance.
- ▶ Si l'élève a besoin d'être supervisé, il doit aviser les personnes concernées à l'avance afin qu'elles soient disponibles au moment requis et leur faire remplir les formulaires nécessaires.

---

<sup>1</sup> **Étalonnage** : L'étalonnage d'un appareil ou d'un instrument est une procédure qui permet de « vérifier si les indications fournies par un appareil de mesure sont exactes » et de le « régler conformément à une norme » ou à une quantité prédéterminée. (Office québécois de la langue française, « Grand dictionnaire terminologique », [www.granddictionnaire.com](http://www.granddictionnaire.com), 2008)

### 3.6 L'environnement à contrôler

Dans la mesure du possible, l'expérimentation doit se réaliser dans un environnement contrôlé. En fait, à l'exception de ce qu'on veut observer (c'est-à-dire les variables), tout devrait demeurer stable et constant. En procédant ainsi, les résultats ne seront pas influencés par des conditions changeantes ou par un phénomène extérieur à l'expérimentation.

Il est important de noter les conditions existantes au moment de l'expérimentation (exemples : température, humidité, vent, heure, surface de travail, personne qui fait les manipulations, etc.). Ces conditions pourront aider à comprendre les résultats plus tard lors de leur analyse. De plus, si l'ensemble du protocole expérimental est réalisé plus d'une fois, il faut indiquer les conditions qui étaient présentes au moment de chacun des essais afin d'analyser correctement les résultats.



Par exemple, pour étudier les bonds d'un ballon selon la pression d'air qu'il contient, il est important que la surface sur laquelle le ballon rebondit soit toujours la même, car celle-ci pourrait influencer la hauteur des bonds. La température de l'air au moment de l'expérimentation a également de l'importance, puisque le volume d'un gaz varie selon la température. Il ne serait donc pas possible de comparer des résultats obtenus à l'extérieur sur du gravier par une journée de canicule avec ceux obtenus dans un gymnase à l'air climatisé.

### 3.7 La collecte des données brutes

Les **données brutes** sont les résultats obtenus directement à la suite de l'expérimentation, c'est-à-dire avant que les données soient regroupées ou qu'elles subissent des transformations mathématiques ou statistiques.

Il est important de prévoir à l'avance comment les données brutes seront notées. En connaissant le nombre de répétitions et de traitements qui seront évalués, on peut savoir le nombre total de données brutes qui sera recueilli. Il est donc possible de préparer à l'avance les tableaux nécessaires pour noter ces données brutes lors des manipulations. Par la suite, ces tableaux pourront être retranscrits ou collés dans le cahier de laboratoire. Il faut un tableau de données brutes (aussi appelé *tableau de compilation*) pour chacun des essais réalisés.

Les tableaux de données brutes doivent contenir tous les renseignements pertinents pour que quelqu'un puisse comprendre par lui-même les données qui y sont inscrites. On doit donc y trouver des renseignements comme la date, le nom de la personne qui manipule et de celle qui prend les notes, les unités de mesure, les instruments utilisés, les conditions existantes au moment de l'expérimentation, la température, etc. Les éléments qui demeurent constants tout au long des manipulations peuvent être indiqués dans une note sous le tableau. Par contre, ceux qui varient doivent être précisés dans le tableau vis-à-vis les données brutes correspondantes. On peut ainsi prévoir dans le tableau une ligne ou une colonne pour noter ces renseignements. Il est également important de conserver des espaces pour inscrire des observations et des commentaires pendant l'expérimentation.

## Exemples

### D. Tableaux de compilation des données brutes préparés à l'avance et pouvant être collés ou retranscrits dans le cahier de laboratoire lors des manipulations

#### D.1 Projet sur les méthodes de conservation « maison » des aliments et la prolifération des bactéries :

*Ne pas oublier d'ajouter la date de l'observation et le nom de la personne qui l'a effectuée.*

# de solution	Conserve	Congélation	Observations ou commentaires
	Nombre d'UFC* par boîte de Pétri	Nombre d'UFC* par boîte de Pétri	
A-1			
A-2			
A-3			
B-1			
B-2			
B-3			
C-1			
C-2			
C-3			

\* UFC : Unité formatrice de colonies (les points blancs sur les boîtes de Pétri)

#### D.2 Projet sur l'effet potentiellement répulsif de produits domestiques sur les fourmis :

*Ne pas oublier d'ajouter la date de l'observation et le nom de la personne qui l'a effectuée.*

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

#### NOTES:

Fruit utilisé pour la cible : \_\_\_\_\_

Température de la pièce : \_\_\_\_\_

Autres : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## E. Extrait d'un cahier de laboratoire présentant le tableau de compilation des données brutes d'un projet évaluant l'effet de la vitesse du vent sur la croissance des plantes

Lundi 7 novembre

Mise en marche des ventilateurs pour soumettre les plants de tomates à différentes vitesses de vent et début de la prise de données brutes (hauteur des plants et inclinaison de la tige au jour 0).

Les ventilateurs vont fonctionner pendant les 15 prochains jours, ils seront arrêtés seulement pour prendre les données.

Note : L'angle de la tige principale est calculé par rapport à un angle droit avec le sol.

Tableau 9. Cueillette des données brutes (hauteur et inclinaison de la tige principale des plants de tomates selon la vitesse du vent) pour les jours 0 à 15

Vitesse du vent (km/h)	# plante	Départ date : 7 nov.		Jour 3 date :		Jour 6 date :		Jour 9 date :		Jour 12 date :		Jour 15 date :	
		Hauteur (cm)	Angle de la tige (°)	Hauteur (cm)	Angle de la tige (°)	Hauteur (cm)	Angle de la tige (°)	Hauteur (cm)	Angle de la tige (°)	Hauteur (cm)	Angle de la tige (°)	Hauteur (cm)	Angle de la tige (°)
0	2												
0	4												
0	7												
0	13												
10	1												
10	6												
10	10												
10	16												
20	3												
20	8												
20	12												
20	15												
30	5												
30	9												
30	11												
30	14												

**N.B. : ne pas oublier  
d'écrire la date à chaque fois et  
les initiales de l'observateur**

Observations/commentaires

---



---

29