

Chapitre 2: ANOVA et régression

Caroline Verhoeven

1 Introduction

2 ANOVA

- ANOVA à 1 facteur
- ANOVA à mesures répétées
- ANOVA à 2 facteurs

3 Régression

- Régression linéaire simple
- Régression multiple
- Régression logistique

Utilisation de l'ANOVA et de la régression

Dans les études on a

- des données imposées par les chercheurs (prédicteurs)
- des données qui peuvent être observées comme réactions (réponses)

Quand utiliser l'ANOVA et la régression

Modèle	Réponse	Prédicteur
ANOVA à 1 facteur	1 quantitative	1 qualitative
ANOVA à 2 facteur	1 quantitative	2 qualitative
Régression simple	1 quantitative	1 quantitative
Régression multiple	1 quantitative	2 (ou plus) quantitatives
Régression logistique	1 qualitative	1 (ou plus) quantitative

ANOVA à 1 facteur

On veut comparer la moyenne de plus de 2 groupes

Exemple : On veut comparer l'effet d'un traitement 1, un traitement 2 et un placebo

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$
- H_a : une des moyennes est différente

ANOVA à 1 facteur

On veut comparer la moyenne de plus de 2 groupes

Exemple : On veut comparer l'effet d'un traitement 1, un traitement 2 et un placebo

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$
- H_a : une des moyennes est différente

Principe :

Comparer le variation des moyennes par groupes au variation dans chaque groupe

En SPSS : Analyze → Compare Means → One-Way ANOVA

Conditions

- Les échantillons doivent être aléatoires simples
- Les échantillons doivent être indépendants
- Il faut que $\sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma_k$ Pour vérifier cela, on a le test de Levene
- Il faut que la variable soit distribuée normalement pour les k populations

Test préliminaire : le test de Levene

- Les variances sont-elles les mêmes pour tous les groupes ?

Test préliminaire : le test de Levene

- Les variances sont-elles les mêmes pour tous les groupes ?
- Pour y répondre : test de Levene :
 - $H_0 : \sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma_k$
 - H_a : Il y a au moins 1 variance qui est différentes

Test préliminaire : le test de Levene

- Les variances sont-elles les mêmes pour tous les groupes ?
- Pour y répondre : test de Levene :
 - $H_0 : \sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma_k$
 - H_a : Il y a au moins 1 variance qui est différentes
 - $p > 0,05$: NRH_0
 - $p < 0,05$: RH_0

Test préliminaire : le test de Levene

- Les variances sont-elles les mêmes pour tous les groupes ?
- Pour y répondre : test de Levene :
 - $H_0 : \sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma_k$
 - H_a : Il y a au moins 1 variance qui est différentes
 - $p > 0,05$: NRH_0
 - $p < 0,05$: RH_0
- En SPSS : Dans le menu ANOVA → Options → Homogeneity of variance test

Si RH_0 pour le test de Levene

- Que faut-il faire si RH_0 pour le test de Levene ?

Si RH_0 pour le test de Levene

- Que faut-il faire si RH_0 pour le test de Levene ?
- Une solution : test de Welch

Si RH_0 pour le test de Levene

- Que faut-il faire si RH_0 pour le test de Levene ?
- Une solution : test de Welch
- En SPSS : Dans le menu ANOVA → Options → Welch

Après l'ANOVA

L'ANOVA ne permet de détecter que si toutes les moyennes sont les mêmes ou si au moins une est différente.

Comment savoir lesquelles sont différentes ?

Après l'ANOVA

L'ANOVA ne permet de détecter que si toutes les moyennes sont les mêmes ou si au moins une est différente.

Comment savoir lesquelles sont différentes ?

- Si on ne rejette pas H_0 : on peut s'arrêter
- Si on rejette H_0 : Il y a différentes possibilités (tests de comparaison multiples) :

Après l'ANOVA

L'ANOVA ne permet de détecter que si toutes les moyennes sont les mêmes ou si au moins une est différente.

Comment savoir lesquelles sont différentes ?

- Si on ne rejette pas H_0 : on peut s'arrêter
- Si on rejette H_0 : Il y a différentes possibilités (tests de comparaison multiples) :
 - Bonferroni
 - Tukey
 - Dunnett
 - Sidak
 - Scheffee
 - ...

Après l'ANOVA

L'ANOVA ne permet de détecter que si toutes les moyennes sont les mêmes ou si au moins une est différente.

Comment savoir lesquelles sont différentes ?

- Si on ne rejette pas H_0 : on peut s'arrêter
- Si on rejette H_0 : Il y a différentes possibilités (tests de comparaison multiples) :
 - Bonferroni
 - Tukey
 - Dunnett
 - Sidak
 - Scheffee
 - ...
- En SPSS : Dans le menu ANOVA → Post Hoc

Principe

- On mesure k fois les mêmes sujets sous des conditions différentes

Principe

- On mesure k fois les mêmes sujets sous des conditions différentes
- Généralisation du test t pour 2 échantillons appariés

Principe

- On mesure k fois les mêmes sujets sous des conditions différentes
- Généralisation du test t pour 2 échantillons appariés
- En SPSS : Analyze → General Linear Model → Repeated Measures

Test préliminaire

- Les variances des différences entre 2 groupes sont-elles toutes les mêmes ?

Test préliminaire

- Les variances des différences entre 2 groupes sont-elles toutes les mêmes ?
- Pour y répondre : test de Mauchly
 - H_0 : les variances des différences entre 2 groupes sont les mêmes
 - H_a : Il y a au moins 1 variance des différences qui est différentes

Test préliminaire

- Les variances des différences entre 2 groupes sont-elles toutes les mêmes ?
- Pour y répondre : test de Mauchly
 - H_0 : les variances des différences entre 2 groupes sont les mêmes
 - H_a : Il y a au moins 1 variance des différences qui est différentes
 - $p > 0,05$: NRH_0
 - $p < 0,05$: RH_0

Test préliminaire

- Les variances des différences entre 2 groupes sont-elles toutes les mêmes ?
- Pour y répondre : test de Mauchly
 - H_0 : les variances des différences entre 2 groupes sont les mêmes
 - H_a : Il y a au moins 1 variance des différences qui est différentes
 - $p > 0,05$: NRH_0
 - $p < 0,05$: RH_0
- Si RH_0 :
 - correction de Greenhouse-Geisser (plus forte)
 - correction Huynh-Feldt

ANOVA à 2 facteurs

On veut évaluer les effets de 2 facteurs : on compare les moyennes des populations correspondant à toutes les combinaisons de tous les niveaux de chacun de ces 2 facteurs.

Exemple : Etude de la sensibilité aux effets de l'insuline chez des femmes en fonction de leur poids (normal ou surpoids) et selon qu'elles sont en hyperthyroïdie ou non.

ANOVA à 2 facteurs

On veut évaluer les effets de 2 facteurs : on compare les moyennes des populations correspondant à toutes les combinaisons de tous les niveaux de chacun de ces 2 facteurs.

Exemple : Etude de la sensibilité aux effets de l'insuline chez des femmes en fonction de leur poids (normal ou surpoids) et selon qu'elles sont en hyperthyroïdie ou non.

Plusieurs facteurs \Rightarrow possibilité d'interaction entre ces facteurs

ANOVA à 2 facteurs

On veut évaluer les effets de 2 facteurs : on compare les moyennes des populations correspondant à toutes les combinaisons de tous les niveaux de chacun de ces 2 facteurs.

Exemple : Etude de la sensibilité aux effets de l'insuline chez des femmes en fonction de leur poids (normal ou surpoids) et selon qu'elles sont en hyperthyroïdie ou non.

Plusieurs facteurs \Rightarrow possibilité d'interaction entre ces facteurs

Formulation des hypothèses nulles :

- H_0 : Le poids n'a pas d'influence sur la sensibilité à l'insuline
- H_0 : La thyroïde n'a pas d'influence sur la sensibilité à l'insuline
- H_0 : L'effet du poids sur la sensibilité à l'insuline ne dépend pas de la thyroïde

ANOVA à 2 facteurs

On veut évaluer les effets de 2 facteurs : on compare les moyennes des populations correspondant à toutes les combinaisons de tous les niveaux de chacun de ces 2 facteurs.

Exemple : Etude de la sensibilité aux effets de l'insuline chez des femmes en fonction de leur poids (normal ou surpoids) et selon qu'elles sont en hyperthyroïdie ou non.

Plusieurs facteurs \Rightarrow possibilité d'interaction entre ces facteurs

Formulation des hypothèses nulles :

- H_0 : Le poids n'a pas d'influence sur la sensibilité à l'insuline
- H_0 : La thyroïde n'a pas d'influence sur la sensibilité à l'insuline
- H_0 : L'effet du poids sur la sensibilité à l'insuline ne dépend pas de la thyroïde

En SPSS : Analyze \rightarrow General Linear Model \rightarrow Univariate

ANOVA à 2 facteurs : Principe

- Modèle :

$$\text{REPONSE} = \text{FACTEUR1} + \text{FACTEUR2} + \text{FACTEUR1} * \text{FACTEUR2}$$

ANOVA à 2 facteurs : Principe

- Modèle :

$$\text{REPONSE} = \text{FACTEUR1} + \text{FACTEUR2} + \text{FACTEUR1} * \text{FACTEUR2}$$

- Dans l'exemple 4 :

$$\text{STRESS} = \text{THYROÏDE} + \text{POIDS} + \text{THYROÏDE} * \text{POIDS}$$

Régression linéaire

- x_i : données quantitatives, prédicteur
- y_i : données quantitatives, réponse

Régression linéaire

- x_i : données quantitatives, prédicteur
- y_i : données quantitatives, réponse
- Lien linéaire entre les 2

Régression linéaire

- x_i : données quantitatives, prédicteur
- y_i : données quantitatives, réponse
- Lien linéaire entre les 2

Question : comment déterminer la droite

$$y = b_0 + b_1 x, \quad b_0? b_1?$$

Régression linéaire

- x_j : données quantitatives, prédicteur
- y_j : données quantitatives, réponse
- Lien linéaire entre les 2

Question : comment déterminer la droite

$$y = b_0 + b_1 x, \quad b_0? b_1?$$

Minimisation au sens des moindres carrés : $\sum_{i=1}^n d_i^2$

d_i : distance entre les mesures et la droite

Régression linéaire : conditions

- Dû à des erreurs de mesure ou à des variabilités biologique, on a

$$y_i = b_0 + b_1 x_i + \varepsilon_i$$

ε_i : résidu, condition : $\varepsilon_i \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$

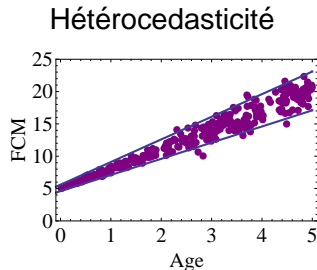
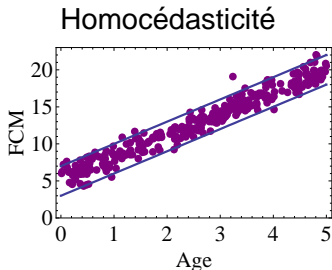
Régression linéaire : conditions

- Dû à des erreurs de mesure ou à des variabilités biologique, on a

$$y_i = b_0 + b_1 x_i + \varepsilon_i$$

ε_i : résidu, condition : $\varepsilon_i \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$

- σ : indépendant de x



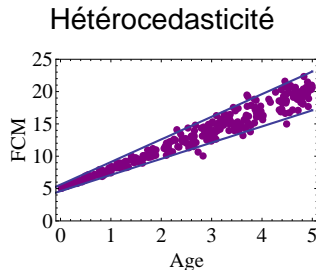
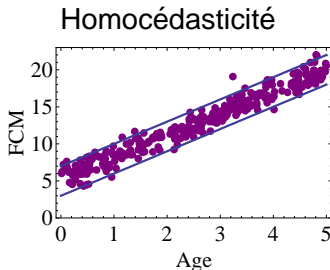
Régression linéaire : conditions

- Dû à des erreurs de mesure ou à des variabilités biologique, on a

$$y_i = b_0 + b_1 x_i + \varepsilon_i$$

ε_i : résidu, condition : $\varepsilon_i \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$

- σ : indépendant de x



- Les mesures doivent être indépendantes

Utilité de la régression multiple

Un variable peut dépendre de plusieurs facteurs à la fois.

Utilité de la régression multiple

Un variable peut dépendre de plusieurs facteurs à la fois.

Exemple 1

Prédire la taille d'une personne à partir de la taille du père, de la mère et de son sexe

Utilité de la régression multiple

Un variable peut dépendre de plusieurs facteurs à la fois.

Exemple 1

Prédire la taille d'une personne à partir de la taille du père, de la mère et de son sexe

But : Prédire les valeur d' Y à partir de plusieurs variables X_1, X_2, \dots, X_k

Utilité de la régression multiple

Un variable peut dépendre de plusieurs facteurs à la fois.

Exemple 1

Prédire la taille d'une personne à partir de la taille du père, de la mère et de son sexe

But : Prédire les valeur d' Y à partir de plusieurs variables X_1, X_2, \dots, X_k

X_1, X_2, \dots, X_k sont en général quantitatives ou ordinales, quelques unes peuvent être nominales

Utilité de la régression multiple

Un variable peut dépendre de plusieurs facteurs à la fois.

Exemple 1

Prédire la taille d'une personne à partir de la taille du père, de la mère et de son sexe

But : Prédire les valeur d' Y à partir de plusieurs variables X_1, X_2, \dots, X_k

X_1, X_2, \dots, X_k sont en général quantitatives ou ordinales, quelques unes peuvent être nominales

Exemple 1

Le sexe est une variable nominale :

- 0=femme
- 1=homme

Principe de la régression multiple

Etude du lien linéaire entre Y et les variables X_1, X_2, \dots, X_k :

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k.$$

Principe de la régression multiple

Etude du lien linéaire entre Y et les variables X_1, X_2, \dots, X_k :

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k.$$

On cherche : $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$

En SPSS : Analyze → Regression → Linear

Les méthodes pour la régression I

- Méthode “Enter” : Méthode qui introduit toutes les variables indépendantes simultanément

A utiliser si on veut déterminer l'équation de la droite de régression avec toutes les variables indépendantes

Les méthodes pour la régression I

- Méthode “Enter” : Méthode qui introduit toutes les variables indépendantes simultanément

A utiliser si on veut déterminer l'équation de la droite de régression avec toutes les variables indépendantes

Les autres méthodes sont des méthodes hiérarchiques.

Seulement à utiliser si on pense qu'une des variable est plus importante que les autres

Les méthodes pour la régression II

- Méthode “Forward” :
 - Introduction d'une variable indépendante à la fois
 - L'ordre est déterminé en fonction de la corrélation avec la variable dépendante
 - S'il n'améliore pas le modèle significativement, elle est éliminée

Les méthodes pour la régression II

- Méthode “Forward” :
 - Introduction d'une variable indépendante à la fois
 - L'ordre est déterminé en fonction de la corrélation avec la variable dépendante
 - S'il n'améliore pas le modèle significativement, elle est éliminée
- Méthode “Backward”
 - On introduit toutes les variables
 - On retire la variable indépendante la plus faible
 - Si cela affaiblit significativement le modèle elle est réintroduite
 - On répète la procédure jusqu'à ce que l'on n'a que les variables utiles

Les méthodes pour la régression II

- Méthode “Forward” :
 - Introduction d'une variable indépendante à la fois
 - L'ordre est déterminé en fonction de la corrélation avec la variable dépendante
 - S'il n'améliore pas le modèle significativement, elle est éliminée
- Méthode “Backward”
 - On introduit toutes les variables
 - On retire la variable indépendante la plus faible
 - Si cela affaiblit significativement le modèle elle est réintroduite
 - On répète la procédure jusqu'à ce que l'on n'a que les variables utiles
- Méthode “Stepwise”
 - Les variables indépendantes sont introduites une à une
 - On teste si la nouvelle est significative, et on refait un test sur les autres
 - Les variables non significatives sont éliminées

Conditions pour la régression multiple

- 1 Les mêmes que la régression simple
- 2 Il existe un lien linéaire entre Y et les X_i
- 3 Pas de multi-colinéarité : Il ne peut pas y avoir une grande corrélation entre les X_i
- 4 Il faut beaucoup de sujets dans l'échantillon.
Minimum : $5k$, k : le nombre de variables prédictives

Régression logistique

- x_j : données quantitatives, prédicteur
- Réponse : données qualitatives avec 2 valeurs possibles
- Pour chaque x_j une proportion p_j de succes

Régression logistique

- x_i : données quantitatives, prédicteur
- Réponse : données qualitatives avec 2 valeurs possibles
- Pour chaque x_i une proportion p_i de succes

$$\text{logit}(p_i) = \ln \left(\frac{p_i}{1 - p_i} \right)$$

Si il y a un lien linéaire

Régression logistique

- x_j : données quantitatives, prédicteur
- Réponse : données qualitatives avec 2 valeurs possibles
- Pour chaque x_j une proportion p_j de succès

$$\text{logit}(p_j) = \ln \left(\frac{p_j}{1 - p_j} \right)$$

Si il y a un lien linéaire

Question : comment déterminer la droite ?

$$\text{logit}(p) = \ln \left(\frac{p}{1 - p} \right) = b_0 + b_1 x$$

Régression logistique

- x_i : données quantitatives, prédicteur
- Réponse : données qualitatives avec 2 valeurs possibles
- Pour chaque x_i une proportion p_i de succès

$$\text{logit}(p_i) = \ln \left(\frac{p_i}{1 - p_i} \right)$$

Si il y a un lien linéaire

Question : comment déterminer la droite ?

$$\text{logit}(p) = \ln \left(\frac{p}{1 - p} \right) = b_0 + b_1 x$$

En SPSS : Analyze → Regression → Binary Logistic

Exercice 1

Ouvrir le fichier `film.xls`.

Déterminer l'équation permettant des recettes d'un film hollywoodien tiré d'un livre sur base de :

- Coûts de production
- Coûts publicitaires
- Recettes du livres

On considère 10 films.



Exercice 2

Walker et al ont étudié le stress chez les manchots de Magellan en 2005. Certains se reproduisent dans une région retirée avec peu d'activités humaine. D'autres se reproduisent dans des régions touristiques.



Exercice 2

Walker et al ont étudié le stress chez les manchots de Magellan en 2005. Certains se reproduisent dans une région retirée avec peu d'activités humaine. D'autres se reproduisent dans des régions touristiques.



On veut savoir si les manchots stress plus en grandissant et si le fait de grandir dans une zone touristique ou non influence le stress.

Exercice 2

Walker et al ont étudié le stress chez les manchots de Magellan en 2005. Certains se reproduisent dans une région retirée avec peu d'activités humaine. D'autres se reproduisent dans des régions touristiques.



On veut savoir si les manchots stress plus en grandissant et si le fait de grandir dans une zone touristique ou non influence le stress.

Pour cela, on les capture et on mesure leur concentration de corticostérone 30 minutes après. On fait cela pour 3 catégories de manchots : récemment éclos, de 40 à 50 jours et juste adultes.

Exercice 2

Walker et al ont étudié le stress chez les manchots de Magellan en 2005. Certains se reproduisent dans une région retirée avec peu d'activités humaine. D'autres se reproduisent dans des régions touristiques.



On veut savoir si les manchots stress plus en grandissant et si le fait de grandir dans une zone touristique ou non influence le stress.

Pour cela, on les capture et on mesure leur concentration de corticostérone 30 minutes après. On fait cela pour 3 catégories de manchots : récemment éclos, de 40 à 50 jours et juste adultes.

Ouvrir le fichier `pinguin.xls`. Déterminer si l'âge des jeunes manchots a une influence sur leur niveau de stress, si le fait de grandir dans une région retirée ou touristique a une influence sur leur niveau de stress et si l'effet de l'âge dépend de l'environnement.

Exercice 3

Ouvrir le fichier `melatonine.sav` en SPSS.

Quand on change de zone horaire, on souffre du décalage horaire.

Ensuite, on s'adapte au cycle lumineux perçu par l'oeil et on resynchronise notre rythme circadien. Le changement dans ce rythme se nomme un "shift".

En 2002, Wright et Czeisler ont réétudié ce phénomène. Ils ont mesuré le cycle de production de mélatonine chez $N = 22$ sujets aléatoirement soumis à un des 3 traitement suivants.

Ils ont été réveillés durant leur sommeil et soumis à une forte lumière dans les yeux, à l'arrière du genou ou à aucune lumière, durant une période de 3 heures. Après 2 jours, on a mesuré leur cycle de mélatonine.

Exercice 3

Ouvrir le fichier `melatonine.sav` en SPSS.

Quand on change de zone horaire, on souffre du décalage horaire.

Ensuite, on s'adapte au cycle lumineux perçu par l'oeil et on resynchronise notre rythme circadien. Le changement dans ce rythme se nomme un "shift".

En 2002, Wright et Czeisler ont réétudié ce phénomène. Ils ont mesuré le cycle de production de mélatonine chez $N = 22$ sujets aléatoirement soumis à un des 3 traitements suivants.

Ils ont été réveillés durant leur sommeil et soumis à une forte lumière dans les yeux, à l'arrière du genou ou à aucune lumière, durant une période de 3 heures. Après 2 jours, on a mesuré leur cycle de mélatonine.

Le "shift" (en heures) est donné pour chaque groupe dans le fichier. Un shift négatif montre un retard.

- 1 La manière dont on éclaire a-t-il un impact sur le cycle circadien ?

Exercice 4

Ouvrir le fichier `intima_media.xls` en SPSS.

- 1 Regarder si l'âge a une influence significative sur la pratique du sport.
- 2 Regarder si l'âge et l'IMC ont une influence significative sur l'épaisseur de l'intima-média.
- 3 Regarder si l'épaisseur de l'intima-média dépend de manière significative de la consommation d'alcool et de tabac.

Exercice 5

Dans l'émission de réalité "I'm a celebrity, get me out of here", des célébrités doivent survivre dans la jungle et doivent subir des épreuves désagréables et humiliantes

Une de ces épreuves est de manger des choses peu appétissantes.

8 célébrités mangent chacune 4 de ces choses. On mesure le temps qui leur faut avant d'avoir la nausée en secondes.

1 Y a-t-il une différence de temps entre ces choses ?

Exercice 6

Les mammifères ont des mécanisme permettant de réduire la température cérébrale par rapport à la température corporelle quand il sont exposés à des fortes chaleur durant de longues périodes. En 2003, Fuller et al. se sont demandé si les autruches savaient faire la même chose. Pour cela, ils ont mesuré la température corporelle et cérébrale de six autruches. Les résultats se trouvent dans le fichier `autruche.xls`.

Les températures corporelles et cérébrales des autruches sont-elles différentes en moyenne ?

Exercice 7

Nous testons l'influence de différents régimes alimentaires sur des rats de laboratoire. Le gain de poids des rats est désigné par la variable "Poids" exprimée en grammes. La variable Calorie vaut 1 si les rats n'ont pas suivi un régime hypercalorique et 2 s'ils ont suivi un tel régime hypercalorique. La variable Vitamine vaut 1 si les rats n'ont pas reçu de compléments vitaminés et 2 s'ils ont reçu de tels compléments. Les calories et le vitamines influence-t-elles les poids des rats ? Les données se trouvent dans le fichier `rats.xls`.

Exercice 8

Les chickadees lancent un cris d'alarme "chick-a-dee-dee-dee" lorsqu'ils aperçoivent un prédateur (hiboux, aigle, faucon) qui n'est pas en vol. En 2005, Templeton et al. se sont demandé si le nombre de "dee" était lié au poids des prédateurs. Les petits prédateurs manoeuvrant mieux et se nourrissant plus fréquemment de petits oiseaux que les grands prédateurs. Ils ont perché 13 prédateurs de taille différentes devant des nuées de chickadees et ont mesuré le nombre moyen de "dee" pour chacun des prédateur. Les données se trouvent dans le fichier `chickadee.xls`.

Y a-t-il moyen de prédire le nombre de "dee" moyen sur base du poids du prédateur ?

Exercice 9

Les trématodes *Euhaplorchis californienis* deviennent adultes dans les poissons "Fundulus parvipinnis". Ces poissons se font manger par des oiseaux tels que les hérons. Les trématodes se retrouvent ainsi dans les oiseaux dans lesquels ils pondent leurs œufs. On a remarqué que les poissons infectés nageaient plus près de la surface et étaient donc des proies plus faciles. Une étude de 1996 a étudié l'impact de l'infection sur le risque d'être mangé. Ils ont mis des poissons non infectés, légèrement infectés et fort infectés dans un aquarium ouvert à l'extérieur et ont compté le nombre de poissons mangés. Voici les résultats

	non infecté	légèrement infecté	fort infecté
Mangé	1	10	37
Non mangé	49	35	9

Exercices enseignement enfants trisomiques I

de Graaf et al ont étudié, en 2013 l'importance du choix de l'enseignement (enseignement spécialisé ou enseignement traditionnel) pour des enfants atteints de trisomie. Ils ont pour cela fait remplir un questionnaire à des parents d'enfants trisomiques suivant les deux types d'enseignements. Ils ont interrogé les parents sur les performances des enfants en lecture, écriture et mathématiques. On a également des données sur l'âge, le QI des enfants et le niveau d'étude des parents.

Exercices enseignement enfants trisomiques II

Vous trouverez des données basées sur cette étude dans le fichier `down.xls`

Exercice 10 Y a-t-il une différence entre les performances des enfants suivant l'enseignement spécialisé et l'enseignement traditionnel en lecture, écriture et mathématiques.

Exercice 11 Etudier l'effet du type d'enseignement et du niveau d'études des parents sur les performances de l'enfant en lecture.

Exercice 12 Etudier l'effet du QI, de l'âge et du niveau d'étude de la mère sur les performances de l'enfant en lecture, écriture et mathématiques.

Exercice 13 Etudier l'impact du niveau d'études des parents sur le choix de l'enseignement chez l'enfant.