
Introduction aux tests statistiques

Illustrée avec XLSTAT

Jean Paul Maalouf
webinar@xlstat.com

15 novembre 2017

www.xlstat.com



PLAN

- XLSTAT : qui sommes-nous ?
- Statistiques : **catégories**
- Statistiques descriptives / exploratoires : **rappel**
- Tests statistiques : **principe, démarche** et **application** sur XLSTAT
- Tests **paramétriques** et tests **non-paramétriques**
- Tests sur échantillons **indépendants** et sur échantillons **appariés**
- Tests de **comparaison** et tests **d'association**
- **Application** sur XLSTAT : test d'association de 2 variables qualitatives
- Annexe : comment interpréter $p\text{-value} > \alpha$?

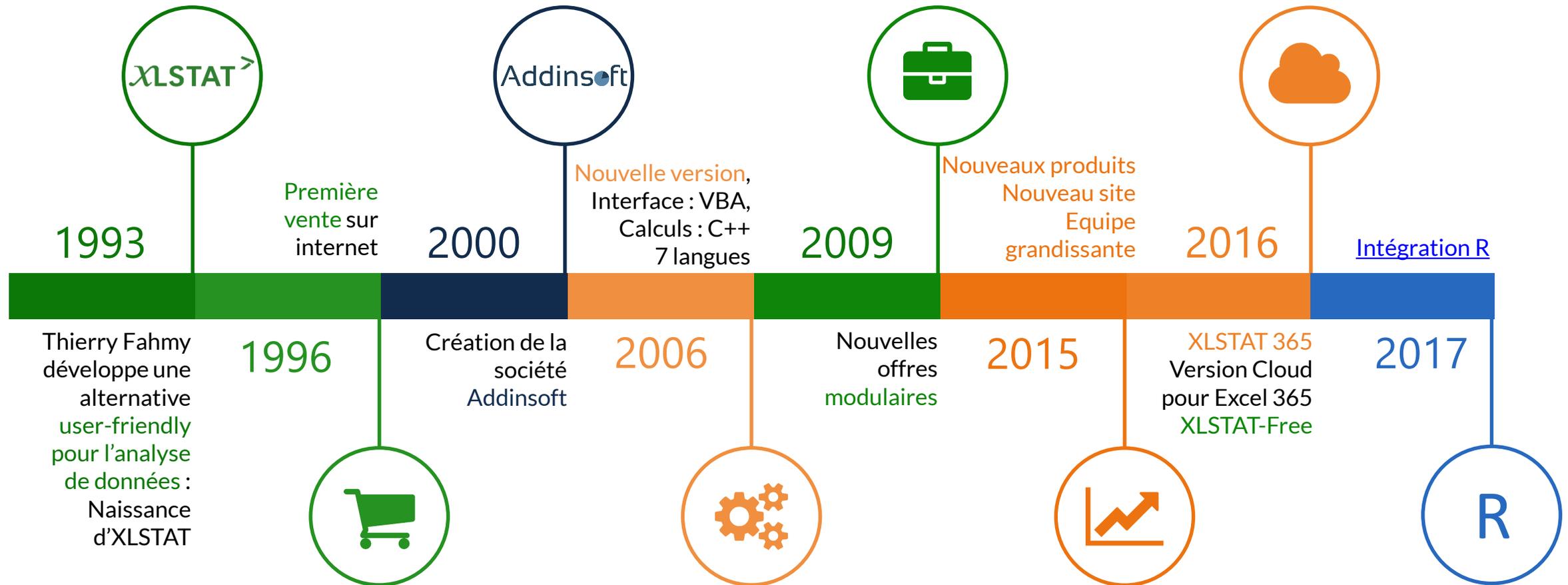


Logiciel XLSTAT

XLSTAT est un logiciel d'analyse de données convivial qui s'intègre à Excel

XLSTAT, Historique

Un logiciel en pleine croissance, une équipe grandissante



XLSTAT en quelques chiffres



200+ fonctionnalités statistiques

Réparties dans des solutions généralistes ou orientées-métier



22 salariés

A l'écoute des utilisateurs



7 langues



100k utilisateurs

A travers le monde. Secteurs privé, éducation, recherche



220k visites/mois sur le site web

Tutoriels didactiques en 5 langues



10k téléchargements/mois

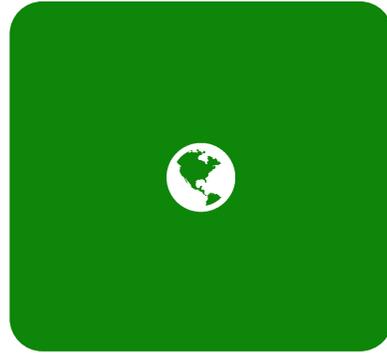
Statistiques : 4 catégories

Statistiques : 4 catégories



Description

Je veux **résumer** des données grâce à des **calculs** ou des **graphiques simples** (**moyenne, écart type, box plot...**)



Exploration

Je veux **plonger** facilement dans un **gros jeu de données** sans forcément **avoir une question précise** derrière la tête (**ACP, CAH...**)



Tests

Je veux **accepter / rejeter** une **hypothèse** bien précise en assumant des risques d'erreur (**test t , ANOVA, χ^2 , corrélation...**)



Modélisation

Je cherche à **comprendre** comment évolue un phénomène en fonction d'un ensemble de paramètres (**régression, ANCOVA, ANOVA**)

Question	Données	Hypothèse nulle	Exemple	Tests paramétriques	Conditions de validité (tests paramétriques)	Equivalents non-paramétriques
Comparaison d'une moyenne observée avec une tendance théorique	mesures sur 1 échantillon ; moyenne théorique (1 chiffre)	moyenne observée = moyenne théorique	Comparaison à une norme d'un taux de pollution mesuré	Test t pour un échantillon	2	
Comparaison de deux positions* observées (échantillons indépendants)	mesures sur 2 échantillons	Les positions* sont identiques	Comparaison de notes d'étudiants entre deux classes	Test t pour échantillons indépendants	1 ; 3 ; 5	Mann-Whitney
Comparaison de plusieurs positions* observées (échantillons indépendants)	mesures sur plusieurs échantillons	Les positions* sont identiques	Comparaison du rendement de maïs selon 4 engrais différents	ANOVA	1 ; 3 ; 4 ; 6	Kruskal-Wallis

Lien

But de ce webinar

Vous rendre autonomes dans l'utilisation de notre outil de choix de test statistique en ligne

(que vous soyez utilisateur XLSTAT ou pas)

**Statistiques
descriptives /
exploratoires :
rappel**

Tableau de données : plateforme de vente de chaussures en ligne

Excel ribbon: FILE, HOME, INSERT, PAGE LAYOUT, FORMULAS, DATA, REVIEW, VIEW, ADD-INS, novaPDF, XLSTAT

XLSTAT menu items: Préparation des données, Description des données, Visualisation des données, Analyse des données, Modélisation des données, Machine learning, Tests de corrélation/association, Tests paramétriques, Tests non paramétriques, Tests pour les valeurs extrêmes, Fonctions avancées, XLSTAT-3DPlot, XLSTAT-CCR, XLSTAT-LG

M5

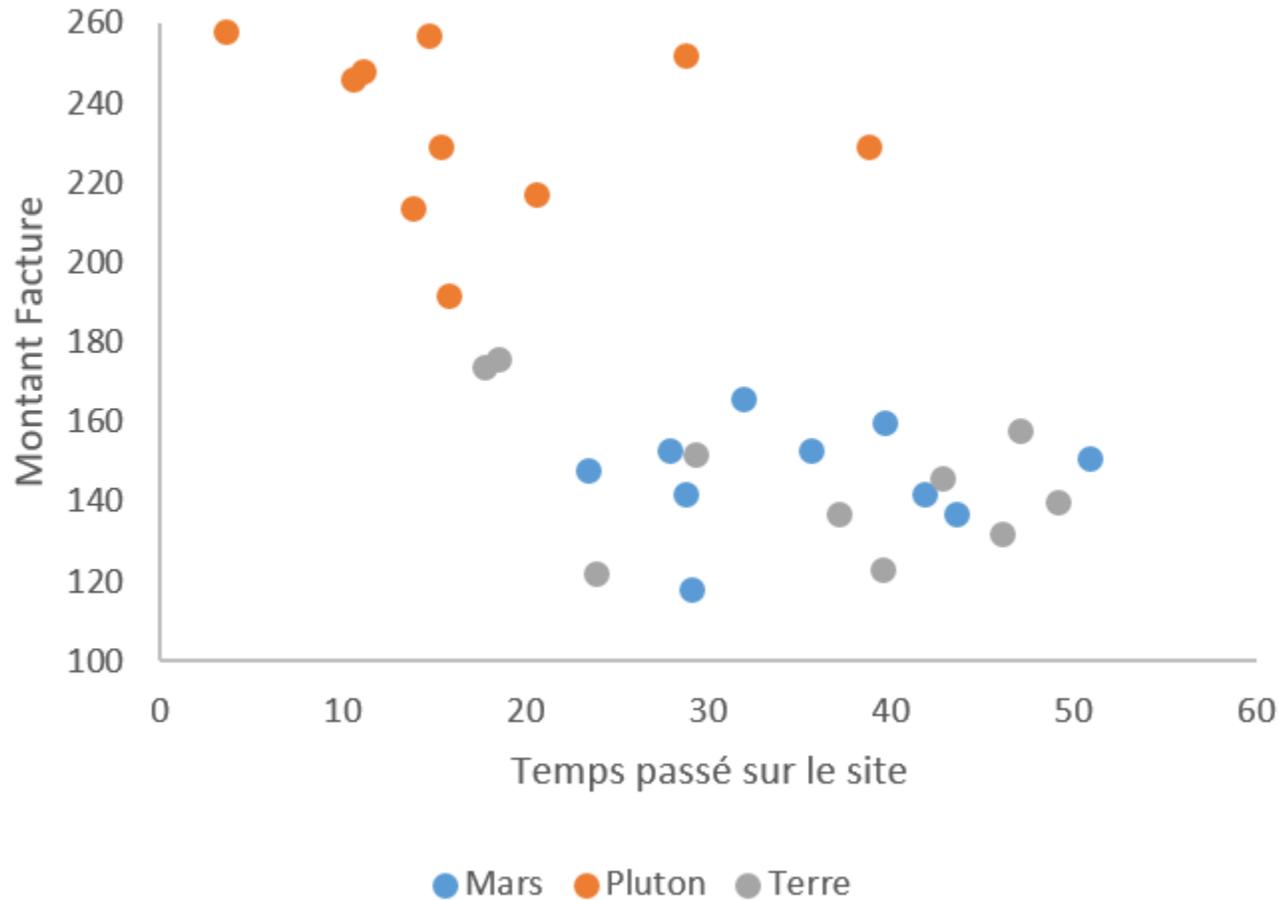
Variables

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Client	Origine	Sexe	Taille	Pointure	Poids	Temps passé sur le site	Marque préférée	Montant Facture		
2	Willard	Mars	M	9	26	50	28	Marque A	153		
3	Derrick	Pluton	M	102	40	335	39	Marque D	229		
4	Olivia	Mars	F	13	31	68	29	Marque A	118		
5	Marc	Mars	M	20	29	81	40	Marque C	160		
6	Alice	Pluton	F	116	33	378	11	Marque B	248		
7	Elijah	Mars	M	22	30	88	44	Marque C	137		
8	Clyde	Mars	M	27	29	105	42	Marque C	142		
9	Angel	Mars	F	31	28	116	51	Marque A	151		
10	Randy	Terre	M	4	29	36	18	Marque A	174		
11	Robin	Terre	M	5	33	40	40	Marque C	123		
12	Elias	Pluton	M	107	32	340	15	Marque C	257		
13	Stanley	Mars	M	37	31	133	23	Marque A	148		
14	Max	Terre	M	6	26	12	21	Marque C	122		

Individus

Statistiques descriptives : nuage de point coloré

Montant Facture vs Temps passé sur le site

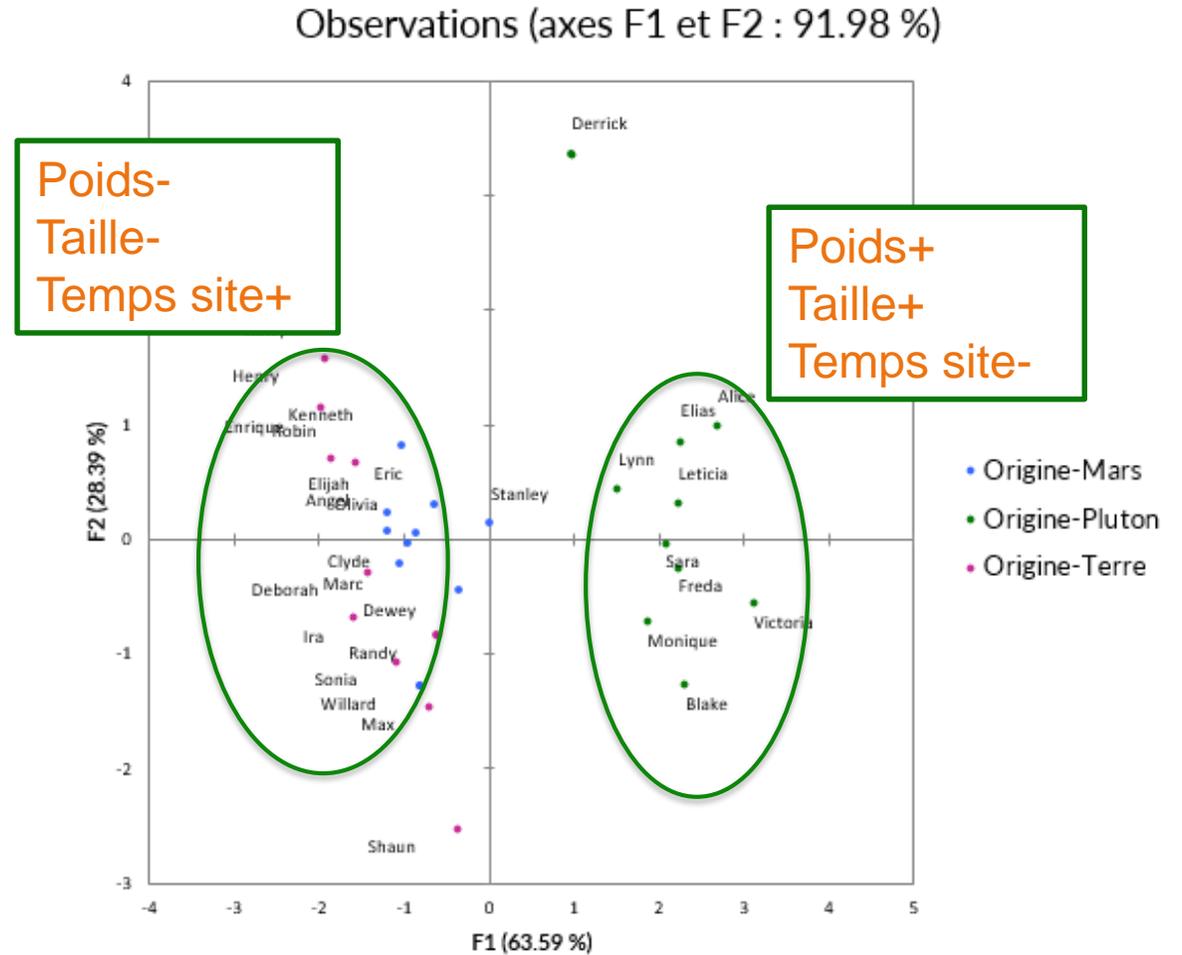
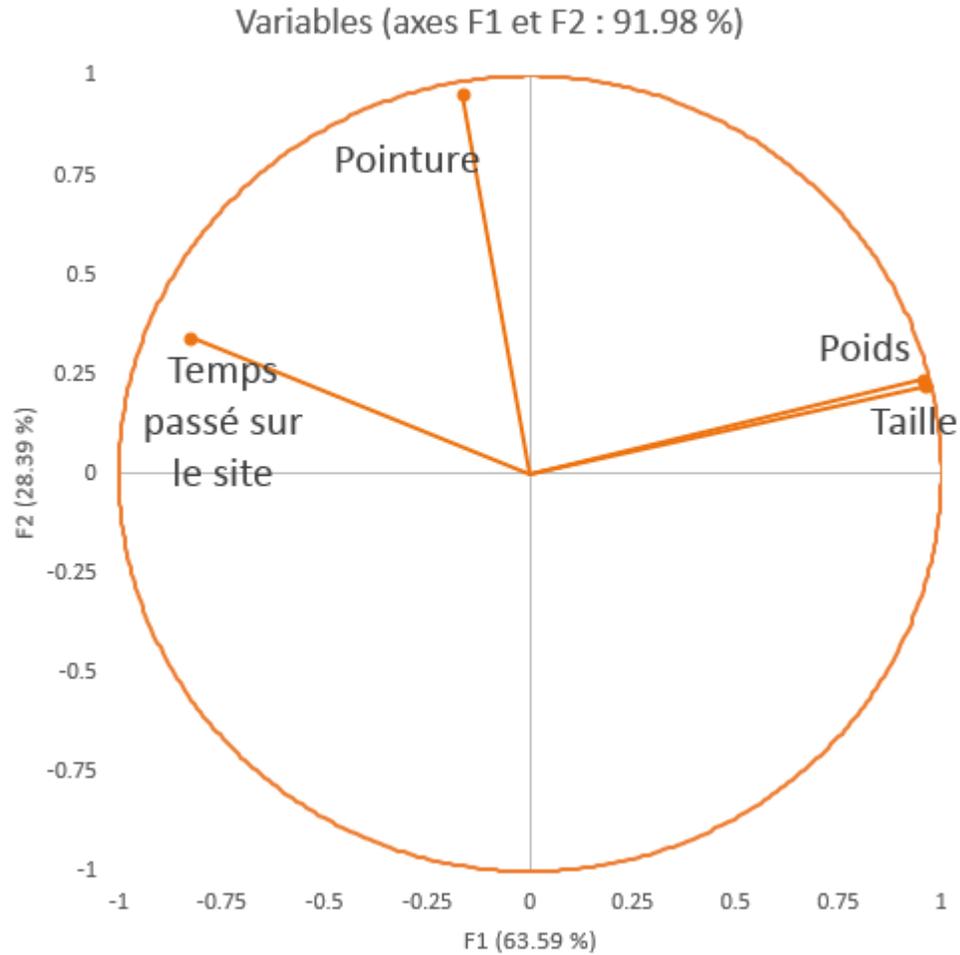


- Montant facture diminue avec temps passé sur le site
- Clients plutoniens passent moins de temps sur le site que les autres
- Martiens et terriens forment un groupe relativement homogène
- ...

Le même raisonnement sur un nombre plus élevé de variables ... Statistiques exploratoires

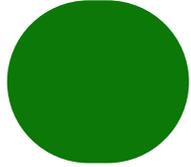
Analyse en Composantes Principales

Graphique 1 : cercle des corrélations ; graphique 2 : observations

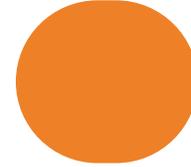


ACP : explorations ...

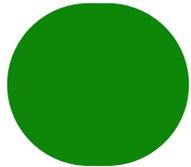
Hypothèses qui en découlent



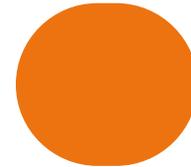
Le poids total augmente avec la taille



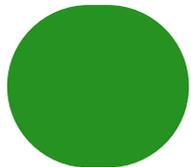
Les Plutoniens ont une taille et un poids plus importants



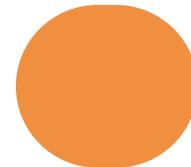
Le temps passé sur le site diminue avec le poids et la taille



Derrick a une pointure importante



La pointure n'est pas liée au poids / à la taille



Et ainsi de suite...

L'exploration de jeux de données nous inspire un bon nombre d'hypothèses... Sont-elles valides ? **Place aux tests statistiques**

Tests statistiques

Permettent d'**accepter / rejeter** une **hypothèse** bien précise (en assumant des risques d'erreur)

Tests statistiques : démarche

Formulation de la **Question** (rép. oui / non)

Formulation **hypothèse nulle** et **hypothèse alternative**

Choix du **test statistique** approprié et du **seuil de risque alpha**

Récolte des **données**

On rajoutera des trucs ici plus tard

Exécution du test

Réponse à la question : si **p-value < seuil alpha**, alors on rejette H_0 avec un risque proportionnel à p-value de se tromper

Question : les engrais A & B induisent-ils une différence de taux moyen de sucre chez la banane ?

Etape 1 : formulation de la question

H_0 vs H_a

Etape 2 :
formulation des
hypothèses

?

Question

les engrais A & B induisent-ils une différence de taux moyen de sucre chez la banane ?

H_0

Hypothèse nulle

En général absence de différence ou de relation.

H_0 : moyenne de sucre bananes A = moyenne de sucre bananes B

H_a

Hypothèse alternative

En général existence de différence ou de relation

H_a : moyenne de sucre bananes A \neq moyenne de sucre bananes B

Tests statistiques : démarche – on en est là

Formulation de la **Question** (rép. oui / non)

Formulation **hypothèse nulle** et **hypothèse alternative**

Choix du **test statistique** approprié et du **seuil de risque alpha**

Récolte des **données**

Exécution du test

Réponse à la question : si **p-value < seuil alpha**, alors on rejette H_0 avec un risque proportionnel à p-value de se tromper

Comparaison de moyennes ?

Si oui, combien ?

Comparaison de proportions ?

Si oui, combien ?

Comparaison de variances ?

Si oui, combien ?

Testons-nous une association ?

...

Dans notre cas, on cherche à comparer 2 moyennes

→ test t de Student pour deux échantillons indépendants

Lien : choisir un test statistique approprié en fonction de votre situation

Etape 3a : Choix du test statistique approprié

Comparaison de deux positions* observées (échantillons indépendants)

mesures sur 2 échantillons

Les positions* sont identiques

Comparaison de notes d'étudiants entre deux classes

Test t pour échantillons indépendants

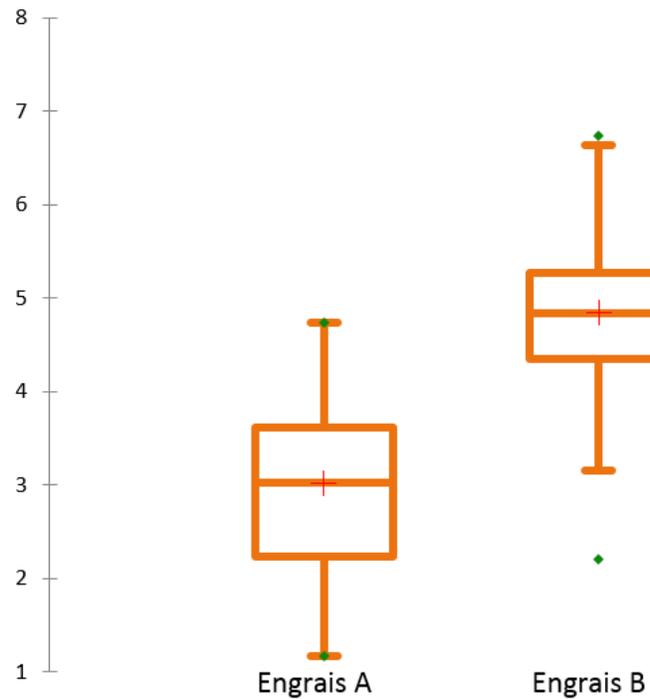
- Le seuil de risque alpha (compris entre 0 et 1) sera un **seuil de décision de rejet de H0**
- Plus on veut limiter les risques de prendre une mauvaise décision, plus on doit diminuer alpha
- Souvent, on place alpha à 0,05.
Ce n'est pas une raison pour en faire une règle systématique

(mais c'est ce qu'on va faire pour notre exemple : on prend $\alpha = 0,05$)

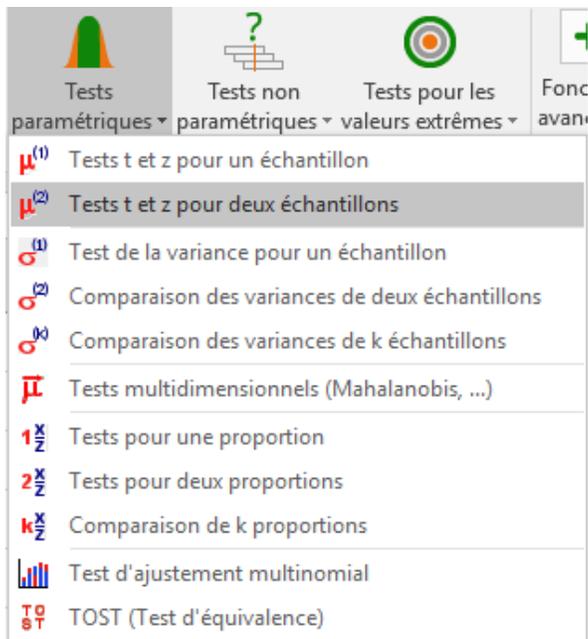
Etape 3b : Choix du seuil de risque alpha

Expérience : plantation de 30 bananiers soumis à l'engrais A et de 30 autres bananiers soumis à l'engrais B. Mesure du taux de sucre en fin d'expérience

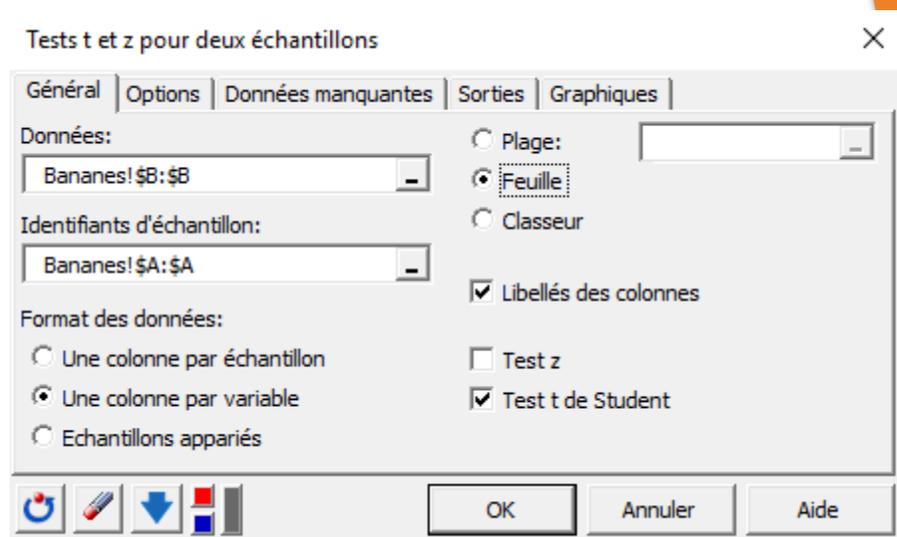
Taux (%) de sucre chez la banane en fonction de l'engrais



Etape 4 : Récolte des données



Etape 5 : Exécution du test dans XLSTAT



p-value
vs
alpha

Etape 6 :
Interprétation du
résultat et
réponse à la
question

?

Question

les engrais A & B induisent-ils une différence de taux moyen de sucre chez la banane ?

H₀

Hypothèse nulle

En général absence de différence ou de relation.

H₀ : moyenne de sucre bananes A = moyenne de sucre bananes B

H_a

Hypothèse alternative

En général existence de différence ou de relation

H_a : moyenne de sucre bananes A ≠ moyenne de sucre bananes B

Le test renvoie une **p-value**.

$0 < p\text{-value} < 1$

***Décision** : Si **p-value** < **alpha**, on rejette H₀ et on accepte H_a en prenant un risque p-value de se tromper*

Interprétation du résultat

Différence	-1.829				
t (Valeur observée)	-7.385				
t (Valeur critique)	2.002				
DDL	58				
p-value (bilatérale)	< 0.0001				
alpha	0.05				
Interprétation du test :					
H0 : La différence entre les moyennes est égale à 0.					
Ha : La différence entre les moyennes est différente de 0.					
Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0.05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.					
Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0.01%.					

Décision : *p-value* < *alpha*. on rejette H0 et on accepte Ha

Réponse : Les deux moyennes (engrais A vs engrais B) sont *significativement différentes*

puissance

vs

robustesse

**Tests
paramétriques et
tests non-
paramétriques**

Tests statistiques paramétriques & non-paramétriques

Différences sur le principe

- Un test statistique peut être **paramétrique** ou **non-paramétrique**
- Les tests **paramétriques** sont **valables** uniquement sous certaines **conditions** à vérifier (liées aux distributions des populations).
 - Les tests **non-paramétriques** n'assument **pas de distribution** dans les populations. La plupart sont calculés à partir des rangs des données.

Tests statistiques paramétriques vs non-paramétriques

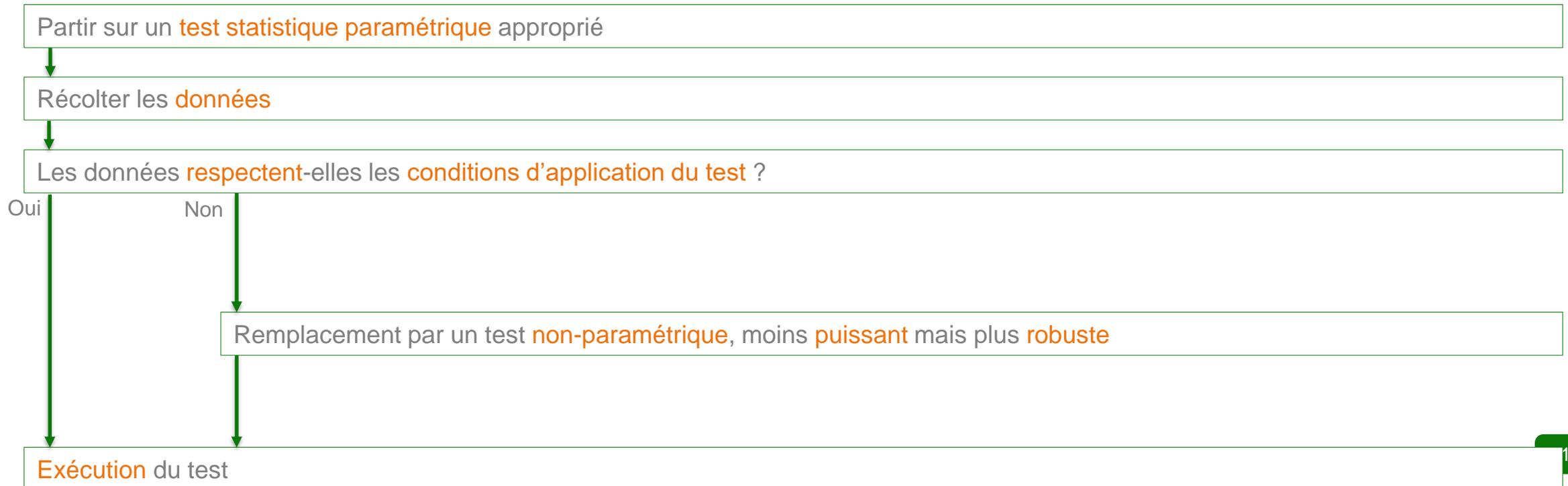
Comparatif intérêts

Un test statistique peut être **paramétrique** ou **non-paramétrique**

- Tests **non-paramétriques** : valables dans un plus grand nombre de situations que les tests paramétriques. → plus **robustes**
- Tests **paramétriques** : plus aptes à rejeter H0 si elle est fausse, et si les conditions le permettent. → plus **puissants**

*La puissance d'un test est sa capacité à rejeter H0 si H0 est fausse

Proposition de démarche pour choisir entre les 2 :



Tests sur Echantillons indépendants et sur échantillons appariés

Tests statistiques : échantillons indépendants vs appariés

Echantillons **indépendants**

Deux ou plusieurs populations distinctes

Exemples : comparer un groupe exposé à un groupe témoin ; comparer femmes et hommes ; bananiers traités et bananiers non-traités

Echantillons **appariés**

Une seule population d'individus

Exemples : prise de mesures sur des patients avant/après un traitement ; suivis de personnes sondées ou d'entreprises à différentes dates ; suivi de l'évolution de la capacité photosynthétique des mêmes bananiers

Tests de comparaison vs tests d'association

Tests de **comparaison**

- De **moyennes** (test de Student / ANOVA)
- De **variances** (tests de Fisher / de Levene)
- De **proportions** (tests pour les proportions)

Tests d'**association** de variables

- Tester l'association de deux **variables qualitatives** (tests sur tableaux de contingence ou tris croisés : khi-2 / test exact de Fisher)
- Tester l'association de deux **variables quantitatives** (coefficient de Pearson, de Spearman etc.)

Tests statistiques courants

Tests paramétriques et leurs équivalents non-paramétriques

Problématique	Ech. Indépendants / Appariés	Tests paramétriques	Equivalents non-paramétriques
Comparaison 2 moyennes	Indépendants	Test de Student (échantillons indépendants)	Test de Mann-Whitney
	Appariés	Test de Student (échantillons appariés)	Test de Wilcoxon
Comparaison de k moyennes	Indépendants	ANOVA	Test de Kruskal-Wallis
	Appariés	ANOVA à mesures répétées	Test de Friedman
Comparaison de 2 variances	Indépendants	Test de Fisher	
Comparaison de k variances		Test de Levene	
Association (var. quali)	Indépendants	Test du khi-2	Test exact de Fisher
	Appariés		Test Q de Cochran
Association (var. quanti)	Indépendants	Corrélation de Pearson	Corrélation de Spearman

Lien : choisir un test statistique approprié en fonction de votre situation

Test d'association : cas de deux variables qualitatives

Test statistique d'association (variables quali)

EXEMPLE : sondage d'opinion, sortie de garage

	A	B	C	D	E	F	G
1	Client	Catégorie SocioPro	Satisfait	Réparé	Accueil	Q/Prix	Reviendra
2	C1	a	Oui	Oui	5	Oui	Oui
3	C2	b	Oui	Oui	4	Oui	NSP
4	C3	a	Oui	Oui	4	Oui	NSP
5	C4	b	Oui	NSP	4	Oui	NSP
6	C5	a	Oui	NSP	4	Oui	Oui
7	C6	b	Oui	NSP	4	Oui	Oui
8	C7	b	Oui	NSP	5	Oui	Non
9	C8	b	Oui	NSP	3	Oui	Non
10	C9	b	Oui	Oui	2	Oui	Non
11	C10	a	Oui	Oui	5	Non	NSP

Lancer le test (XLSTAT)

EXEMPLE : sondage d'opinion, sortie de garage

Tests de corrélation/ association ▾

Tests paramétriques ▾

Tests non paramétriques ▾

- Tests de corrélation
 - Corrélation bisérielle
 - Coefficients RV
- Tests sur les tableaux de contingence (khi²...)
- Test de tendance de Cochran-Armitage
- Test de Mantel

Tests sur les tableaux de contingence (khi²...)

Général | Options | Données manq. | Sorties | Graphiques

Variable(s) lignes: Garage!\$B\$1:\$B\$29

Variable(s) colonnes: Garage!\$G\$1:\$G\$29

Format des données:
 Variables qualitatives
 Tableau de contingence

Plage: []
 Feuille
 Classeur
 Libellés des variables
 Poids: []

OK Annuler Aide

Test statistique d'association

EXEMPLE : sondage d'opinion, sortie de garage

Tableau de contingence (Catégorie SocioPro / Reviendra) :

	NSP	Non	Oui
a	6	5	3
b	7	6	1

Pourcentages / Colonne (Catégorie SocioPro / Reviendra) :

	NSP	Non	Oui	Total
a	46	45	75	50.000
b	54	55	25	50.000
Total	100	100	100	100

Test exact de Fisher :

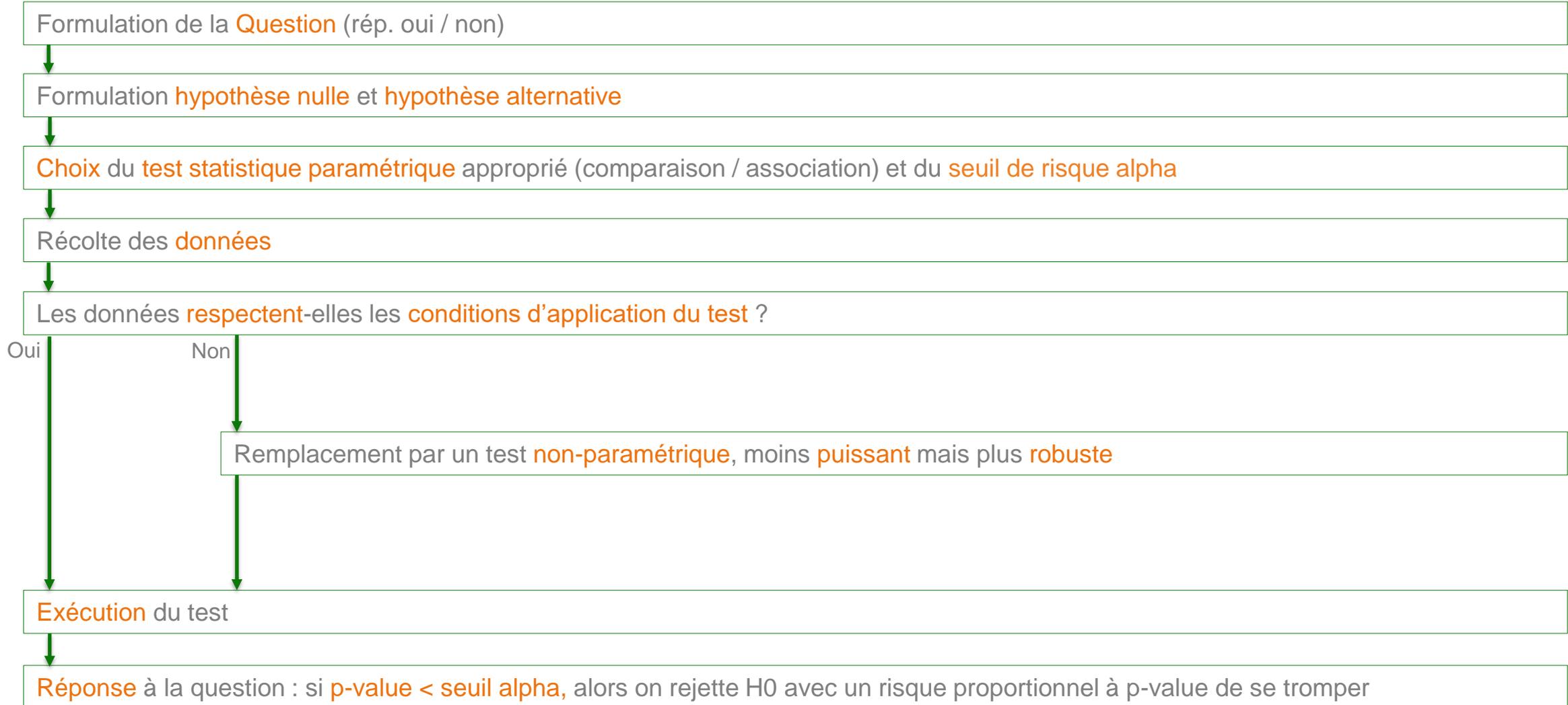
p-value (bilatérale)	0.721
alpha	0.05

p-value > seuil. On ne rejette pas H0

H0 : les proportions des catégories a et b ne changent pas en fonction des catégories NSP-Non-Oui

Ha : les proportions des catégories a et b changent en fonction des catégories NSP-Non-Oui

Tests statistiques : démarche revisitée, conclusion



Statistiques : 4 catégories

Enregistrements



Description

Je veux **résumer** des données grâce à des **calculs** ou des **graphiques simples** (**moyenne, écart type, box plot...**)



Exploration

Je veux **plonger** facilement dans un **gros jeu de données sans forcément avoir une question précise** derrière la tête (**ACP, CAH...**)



Tests

Je veux **accepter / rejeter** une **hypothèse** bien précise en assumant des risques d'erreur (**test t , ANOVA, χ^2 , corrélation...**)



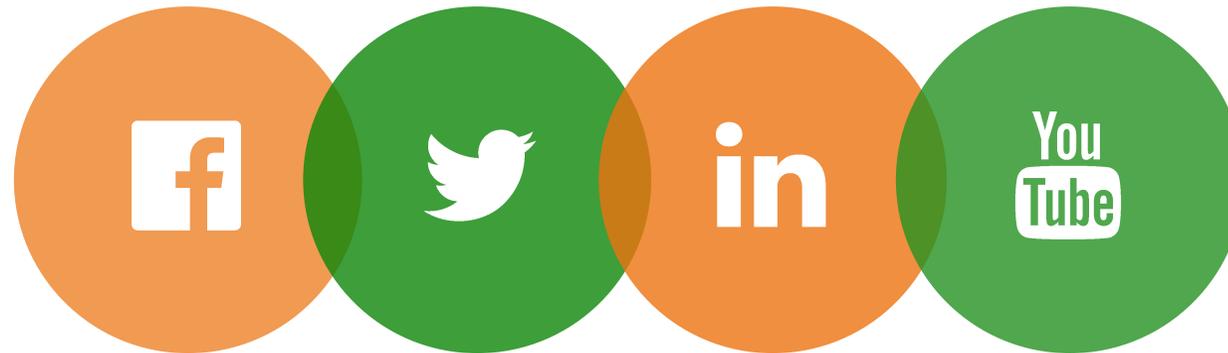
Modélisation

Je cherche à **comprendre** comment évolue un phénomène en fonction d'un ensemble de paramètres (**régression, ANCOVA, ANOVA**)

Merci pour votre attention !

XLSTAT 

Tous les outils vus sont disponibles dans toutes les solutions XLSTAT (sauf la Free)



Téléchargez la version
d'essai de 30 jours

Découvrez nos produits

Annexe : Comment interpréter $p > \alpha$?

Si **p-value** < **alpha**, on **rejette** H_0 et on accepte H_1
en prenant un risque p-value de se tromper

Si **p-value** > **alpha**, deux possibilités se présentent :

- Si la **puissance statistique** est **élevée** (>0,95)

On **accepte H_0** en prenant un **risque Bêta** (=1-puissance) de se tromper.

- Si la puissance statistique est faible (<0,95)

→ Le **risque** de se tromper en **acceptant H_0** est trop **élevé** (puissance faible)

→ Le **risque** de se tromper en **rejetant H_0** est trop **élevé** (p-value élevée)

On ne peut pas prendre de décision. Game over.

(La puissance d'un test est sa capacité à aboutir à un rejet de H_0 lorsqu'elle est fausse)

Puissance statistique : comment l'augmenter ?

La puissance d'un test augmente avec :

- Le nombre de mesures
- La précision des mesures
- La taille de l'effet
- Le seuil alpha
- La nature du test

Test unilatéral / test bilatéral

Cf cet article