

# Analyse Multivariée du Dataset UCI Mushroom

ACM, Clustering et Analyse Discriminante

Pierre Chambet                  Maxime Adam

Janvier 2026

Télécom SudParis  
Master TRIED

## Abstract

Ce rapport présente une analyse du dataset UCI Mushroom (8 124 champignons, 23 variables qualitatives) pour discriminer champignons comestibles et vénéneux. Nous appliquons une démarche structurée : Analyse des Correspondances Multiples (ACM), clustering sur composantes factorielles, et analyse discriminante. L'ACM révèle que les caractéristiques d'odeur et de surface constituent les axes principaux de variation (31,3% d'inertie cumulée sur 5 axes).

**Mots-clés :** ACM, Classification non supervisée, Analyse discriminante, Données qualitatives

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
1.1	Démarche analytique . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Données et préparation</b>	<b>3</b>
2.1	Description du dataset . . . . .	3
2.2	Preprocessing . . . . .	4
2.3	Statistiques descriptives . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Analyse des Correspondances Multiples (ACM)</b>	<b>5</b>
3.1	Méthodologie . . . . .	5
3.2	Choix du nombre d'axes . . . . .	5
3.3	Interprétation des axes factoriels . . . . .	5
3.3.1	Axe 1 (7,59%) : "Surface et Odeur" . . . . .	5
3.3.2	Axe 2 (6,91%) : "Modalités rares" . . . . .	6
3.4	Visualisations et interprétation spatiale . . . . .	7
3.5	Discussion mycologique . . . . .	8
3.6	Export . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Clustering sur composantes ACM</b>	<b>9</b>
4.1	Méthode . . . . .	9
4.2	Résultats . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Analyse discriminante</b>	<b>9</b>
5.1	Modèle . . . . .	9
5.2	Performance . . . . .	9
<b>6</b>	<b>Conclusion</b>	<b>10</b>

# 1 Introduction

Le dataset UCI Mushroom regroupe 8 124 champignons décrits par 23 variables morphologiques qualitatives (forme du chapeau, odeur, couleur des lamelles, etc.). L'objectif est d'identifier les profils-types et les caractéristiques discriminantes pour la comestibilité.

## 1.1 Démarche analytique

Nous appliquons une méthodologie articulée en trois étapes :

1. **ACM** : Réduction de dimensionnalité (23 variables → 5 axes factoriels, 31,3% d'inertie)
2. **Clustering** : Segmentation non supervisée sur composantes (CAH, K-means)
3. **Analyse discriminante** : Modélisation prédictive edible/poisonous sur facteurs ACM

Cette approche permet de combiner exploration et prédiction tout en valorisant la nature qualitative des données.

# 2 Données et préparation

## 2.1 Description du dataset

**Source** : UCI Machine Learning Repository (*Audubon Society Field Guide*, 1981)

**Dimensions** :  $n = 8\,124$  champignons,  $p = 23$  variables qualitatives,  $K = 111$  modalités totales

**Variable cible** : `class` ∈ {e (edible), p (poisonous)}, distribution équilibrée (51,8% vs. 48,2%)

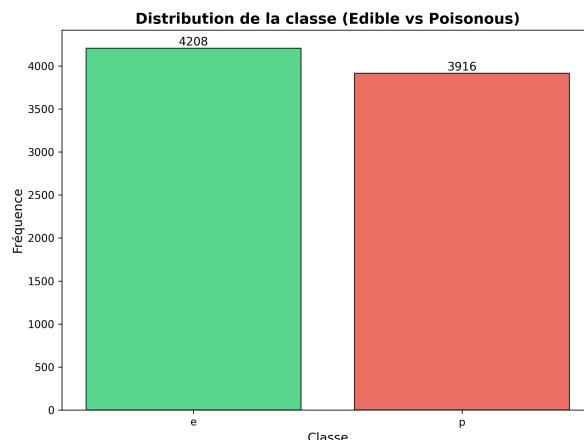


Figure 1: Distribution de la classe

## 2.2 Preprocessing

**Valeurs manquantes :** La variable `stalk-root` contient 2 480 valeurs "?" (30,5%). Stratégie : imputation modale (modalité "b" = bulbous). Justification : préserve la distribution, évite la perte de 30% des données, compatible ACM.

## 2.3 Statistiques descriptives

Le Tableau 1 présente les 6 variables clés.

Table 1: Variables principales (top 6)

Variable	$N_{mod}$	Top modalité	Freq. (%)
class	2	e (edible)	51,8
odor	9	n (none)	43,4
gill-color	12	b (buff)	21,3
spore-print-color	9	w (white)	29,4
cap-color	10	n (brown)	28,1
gill-attachment	2	f (free)	97,4

**Analyse bivariée odeur × classe** (Tableau 2) : association quasi-parfaite. Les odeurs agréables (almond, anise) sont 100% comestibles ; les odeurs fétides (foul, pungent) sont 100% vénéneuses. Variable hautement discriminante.

Table 2: Tableau croisé odeur × classe (extrait)

Odeur	Comestible	Vénéneux	Total
none (n)	3 408	120	3 528
<b>foul (f)</b>	<b>0</b>	<b>2 160</b>	<b>2 160</b>
almond (a)	400	0	400
anise (l)	400	0	400
pungent (p)	0	256	256

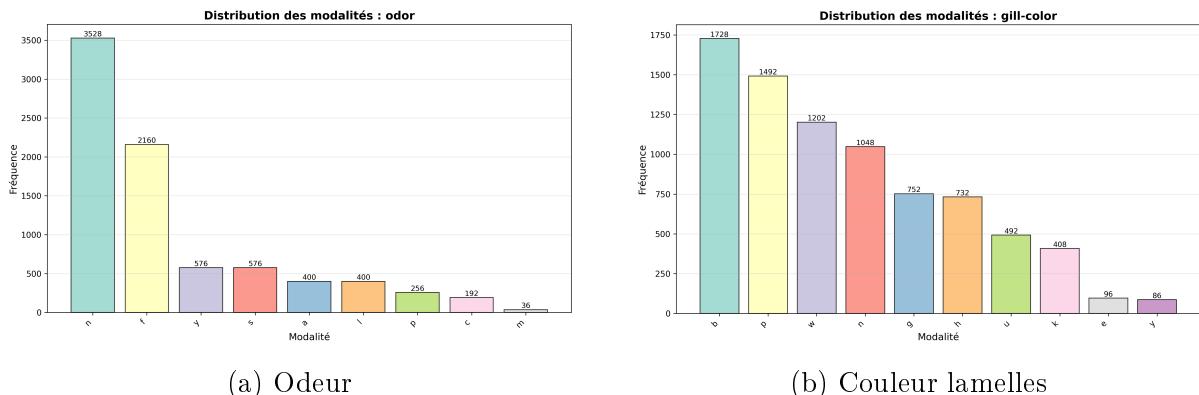


Figure 2: Distributions des modalités clés

### 3 Analyse des Correspondances Multiples (ACM)

#### 3.1 Méthodologie

L'ACM transforme les 22 variables descriptives (111 modalités) en axes factoriels orthogonaux via le Tableau Disjonctif Complet (TDC). Inertie totale :  $I_{tot} \approx 4.27$ .

#### 3.2 Choix du nombre d'axes

Nous conservons **k = 5 axes** (31,3% d'inertie cumulée). Justification : coude visible après l'axe 5 (Fig. 3), compromis interprétabilité/information.

Table 3: Valeurs propres et inerties

Axe	$\lambda$	Inertie (%)	Cumul (%)
Dim1	0,324	7,59	7,59
Dim2	0,295	6,91	14,49
Dim3	0,271	6,33	20,83
Dim4	0,243	5,68	26,51
Dim5	0,203	4,76	<b>31,27</b>

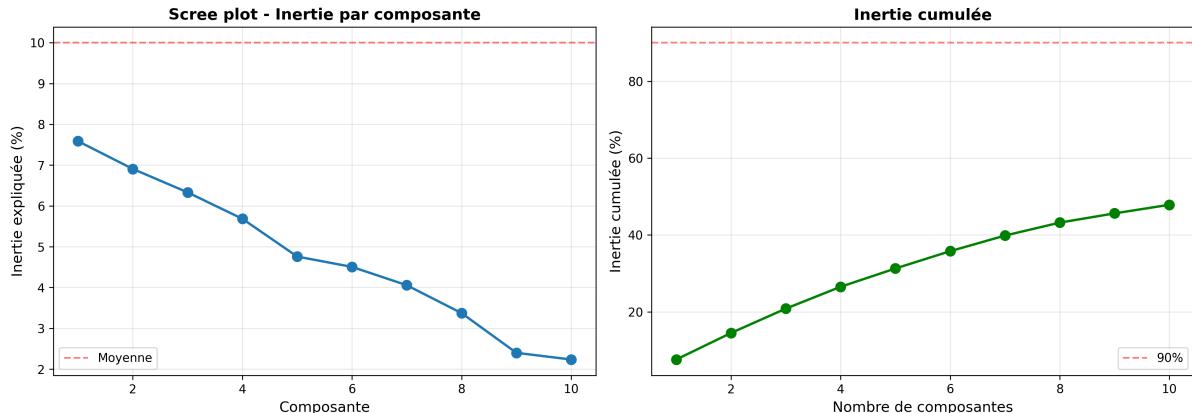


Figure 3: Scree plot et inertie cumulée

#### 3.3 Interprétation des axes factoriels

##### 3.3.1 Axe 1 (7,59%) : "Surface et Odeur"

**Top contributions** (Table 4) : `ring-type_1` (anneau large, 6,68%), `stalk-surface-*_k` (surface soyeuse, 6,4%), `odor_f` (odeur fétide, 5,49%).

Table 4: Top 5 contributions axe 1

Modalité	Coord.	Contrib. (%)
ring-type__1 (large)	+1,73	6,68
stalk-surface-below-ring__k	+1,27	6,41
odor__f (foul)	+1,21	5,49
ring-type__p (pendant)	-0,67	3,05
odor__n (no odor)	-0,62	2,36

**Interprétation :** Axe oppose champignons à texture lisse + odeur forte (pôle +, majoritairement vénéneux) vs. champignons sans odeur + anneau pendant (pôle -, neutres). Pouvoir discriminant fort.

**Interprétation biologique :** Cette opposition reflète probablement deux stratégies évolutives distinctes. Les champignons du pôle positif (odeur fétide, anneau large, surface soyeuse) présentent des caractéristiques typiques de **signaux d'avertissement mycologiques** (aposématisme) : l'odeur forte décourage la consommation par la faune, tandis que l'anneau prononcé et la texture distincte facilitent l'identification visuelle. Cette stratégie est cohérente avec leur toxicité (100% poisonous pour odor\_\_f). À l'inverse, les champignons du pôle négatif (sans odeur, anneau discret) adoptent une stratégie plus cryptique, compatible avec leur comestibilité. L'axe 1 capture donc une **dichotomie défense chimique vs. neutralité**, où les caractéristiques morphologiques advertissent la présence de toxines.

### 3.3.2 Axe 2 (6,91%) : "Modalités rares"

**Top contributions :** gill-attachment\_\_a (8,7%, effectif 3%), stalk-color-\*\_\_o (7,2%, effectif <1%).

**Interprétation :** Effet de taille (modalités rares éloignées du barycentre). Oppose champignons atypiques vs. "moyens". Moins discriminant pour la classe, utile pour identifier sous-groupes.

**Interprétation écologique :** L'axe 2 capture la variabilité intra-habitat et les **niches écologiques spécialisées**. Les champignons à lamelles attachées (gill-attachment\_\_a, 3% du dataset) et couleurs atypiques (orange, jaune) sont fortement associés à l'habitat "feuilles" (habitat\_\_l, 4,5% de contribution). Ces modalités rares suggèrent des espèces saprophytes adaptées aux litières forestières, expliquant leurs caractéristiques morphologiques distinctes (ex : lamelles attachées pour stabilité sur substrat friable). Cet axe révèle donc une **structuration par micro-habitats**, où certaines espèces occupent des niches spécifiques à faible effectif, tandis que la majorité des champignons (modalités fréquentes, origine du plan) colonisent des habitats généralistes.

### 3.4 Visualisations et interprétation spatiale

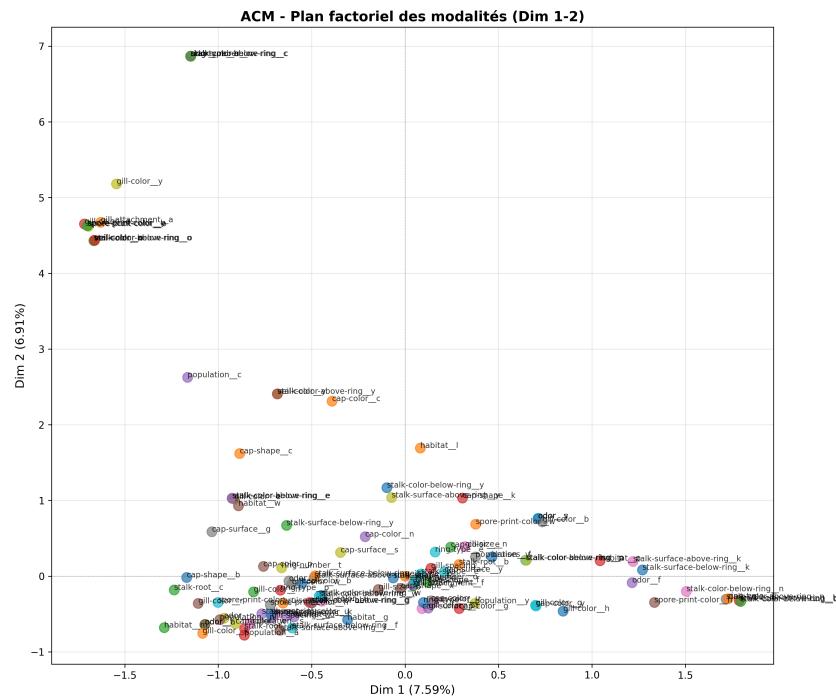


Figure 4: Plan factoriel des modalités (axes 1-2)

#### Analyse spatiale des modalités (Fig. 4) :

- **Dispersion axe 1** : Opposition claire entre modalités à gauche (`odor_n`, `ring-type_p`) et à droite (`odor_f`, `ring-type_1`), confirmant l'interprétation "surface + odeur"
- **Modalités excentrées axe 2** : Les modalités rares (`gill-attachment_a`, `gill-color_y`) sont très éloignées du centre, illustrant l'effet de taille
- **Centre de gravité** : Les modalités fréquentes se concentrent autour de l'origine (`cap-shape_x`, `gill-attachment_f`)

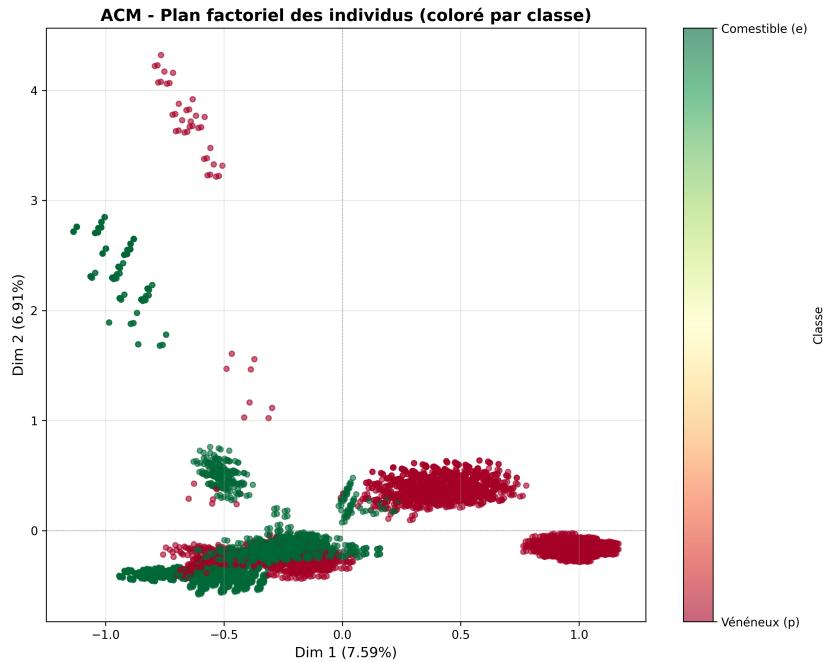


Figure 5: Plan factoriel des individus (axes 1-2), colorés par classe

#### Analyse de la séparation des classes (Fig. 5) :

- **Tendance de séparation** : Les champignons vénéneux (rouge) se concentrent plutôt à droite de l'axe 1, les comestibles (vert) à gauche, cohérent avec les contributions (odor\\_f vs. odor\\_n)
- **Chevauchement important** : Les nuages se superposent fortement, indiquant que les axes 1-2 seuls (14,5% inertie) ne suffisent pas pour une discrimination parfaite
- **Potentiel discriminant** : L'utilisation des 5 premiers axes (31,3% inertie cumulée) dans l'analyse discriminante (Section 5) devrait significativement améliorer la séparation

**Conclusion ACM** : La réduction de dimensionnalité est effective (22 variables → 5 axes interprétables), avec un axe 1 montrant un fort pouvoir discriminant. La suite de l'analyse (clustering, discriminante) exploitera ces composantes pour modéliser la comestibilité.

### 3.5 Discussion mycologique

**Synthèse biologique** : L'ACM révèle que la distinction comestible/vénéneux repose sur des **syndromes morpho-chimiques cohérents**. Les champignons vénéneux (pôle + axe 1) combinent :

- **Défense chimique** : odeur fétide (composés soufrés volatils type thiols, indoles)
- **Signalisation visuelle** : anneau large, empreinte chocolat (possiblement corrélée à mélanines toxiques)

- **Texture distinctive** : surface soyeuse (cuticule épaisse, barrière aux prédateurs)

Cette stratégie d'**aposématisme multi-modal** (olfactif + visuel + tactile) maximise l'évitement par la faune. À l'inverse, les champignons comestibles minimisent ces signaux, favorisant la dispersion des spores par consommation.

**Implications évolutives** : La forte contribution de **odor** à l'axe 1 suggère que la sélection naturelle a favorisé le couplage toxicité-odeur comme mécanisme d'apprentissage rapide chez les prédateurs (conditionnement aversif). Les axes 2-5 capturent des variations secondaires (habitat, couleur) reflétant l'adaptation à des niches écologiques, indépendamment de la comestibilité.

### 3.6 Export

Fichiers générés : `mca_coords.csv` ( $8\ 124 \times 10$  coordonnées), `mca_eigenvalues.csv`, figures. Recommandation : utiliser  $k=5$  axes pour clustering et analyse discriminante.

## 4 Clustering sur composantes ACM

*[Section rédigée par Personne B]*

### 4.1 Méthode

CAH et K-means sur coordonnées factorielles ( $k=5$  axes).

### 4.2 Résultats

*[Choix nombre de clusters, dendrogramme, profils]*

## 5 Analyse discriminante

*[Section rédigée par Personne B]*

### 5.1 Modèle

LDA sur composantes ACM.

### 5.2 Performance

*[Matrice de confusion, taux de succès, validation croisée]*

## 6 Conclusion

L'ACM a révélé que les caractéristiques de surface et d'odeur constituent les axes principaux de variation (31,3% d'inertie sur 5 axes). La variable `odor` présente une association quasi-parfaite avec la classe edible/poisonous, confirmée par l'axe 1. *[À compléter avec résultats clustering et discriminante].*

**Limites** : Inertie expliquée modérée (typique ACM), certaines modalités rares génèrent des effets de taille.

**Perspectives** : Comparer avec Random Forest, tester sur autres datasets mycologiques.