

# Statistique et société

mai 2013

Volume 1, Numéro 1





# Sommaire

## Statistique et Société

Volume 1, Numéro 1

---

- 5 Édito**  
Jean-Michel Poggi  
Président de la SFdS
- 7 Bienvenue dans le monde statistique**  
Cédric Villani  
Directeur de l'institut Henri Poincaré
- Débat : Statistique, risques OGM et réglementations**
- 9 Présentation du dossier : Statistique, risques OGM et réglementations**  
Par la rédaction
- 11 Rôle et limites de la statistique dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux OGM**  
Marc Lavielle  
Membre du Comité Scientifique du Haut Conseil des Biotechnologies
- 17 Les conséquences de l'affaire Séralini**  
Entretien avec  
Christian Vélot et Christophe Morvan  
Fondation Sciences Citoyennes
- 23 Faut-il confier à des statisticiens des responsabilités en matière électorale ?**  
Alain Godinot  
Ancien inspecteur général de l'Insee
- 29 Les vins de Loire du cépage chenin ont-ils un goût identifiable ?**  
Jérôme Pagès et François Husson  
Agrocampus Ouest
- 35 Avènement du règne de PISA**  
Jean-François Royer  
SFdS

## Statistique et société

Magazine trimestriel publié par la Société Française de Statistique.

Le but de Statistique et société est de montrer d'une manière attrayante et qui invite à la réflexion l'utilisation pratique de la statistique dans tous les domaines de la vie, et de montrer comment l'usage de la statistique intervient dans la société pour y jouer un rôle souvent inaperçu de transformation, et est en retour influencé par elle. Un autre dessein de Statistique et société est d'informer ses lecteurs avec un souci pédagogique à propos d'applications innovantes, de développements théoriques importants, de problèmes actuels affectant les statisticiens, et d'évolutions dans les rôles joués par les statisticiens et l'usage de statistiques dans la vie de la société.

### Rédaction

Rédacteur en chef : **Emmanuel Didier**, CNRS, France

Rédacteurs en chef adjoints :

**Jean-Jacques Droesbeke**, Université Libre de Bruxelles, Belgique

**François Husson**, Agrocampus Ouest, France

**Jean-François Royer**, SFdS - groupe Statistique et enjeux publics, France

**Jean-Christophe Thalabard**, Université Paris 5, France

### Comité éditorial

Représentants des groupes spécialisés de la SFdS :

**Ahmadou Alioum**, groupe Biopharmacie et santé

**Christophe Biernacki**, groupe Data mining et apprentissage

**Alain Godinot**, groupe Statistique et enjeux publics

**Delphine Grancher**, groupe Environnement

**Marthe-Aline Jutand**, groupe Enseignement

**Elisabeth Morand**, groupe Enquêtes

**Alberto Pasanisi**, groupe Industrie

### Autres membres

**Jean Pierre Beaud**, Département de Science politique, UQAM, Canada

**Corine Eyraud**, Département de sociologie, Université d'Aix en Provence, France

**Michael Greenacre**, Department of Economics and Business, Pompeu Fabra

Université de Barcelone, Espagne

**François Heinderyckx**, Département des sciences de l'information, Université

Libre de Bruxelles, Belgique

**Dirk Jacobs**, Département de sociologie, Université Libre de Bruxelles, Belgique

**Gaël de Peretti**, INSEE, France

**Theodore Porter**, Département d'histoire, UCLA, États-Unis

**Carla Saglietti**, INSEE, France

**Patrick Simon**, INED, France

Design graphique

fastboil.net

# Éditorial

## Une nouvelle revue de la SFdS

Jean-Michel Poggi

Président de la SFdS

---

**La Société Française de Statistique (SFdS)** est heureuse, en cette année 2013, année internationale de la statistique, de présenter le premier numéro de sa nouvelle revue : *Statistique et société*, qui vient compléter un bouquet de publications déjà riche du Journal de la SFdS et des revues *Statistique et Enseignement* et *CSBIGS (Case Studies in Business, Industry and Government Statistics)*.

*Statistique et société* entend contribuer à l'élaboration et à la diffusion d'un savoir sur la place, le rôle et les usages de la statistique dans le fonctionnement et l'évolution de la société. Outil d'investigation scientifique, la statistique s'applique à de multiples domaines. Elle s'exerce dans une société qui l'influence et a sur celle-ci un impact en retour. En consacrant une publication à cette dialectique, la SFdS souligne son propre ancrage dans la société et espère intéresser toutes les personnes désireuses de mieux comprendre notre monde en tirant parti de la statistique. Parmi elles, les statisticiens trouveront dans cette publication matière à réfléchir à leur propre pratique professionnelle.

La nouvelle revue consacrera une large place à la connaissance et au bon usage des outils et des résultats statistiques. Elle s'efforcera de promouvoir le dialogue entre les disciplines utilisatrices de la statistique et de montrer combien celle-ci contribue à éclairer les problèmes de société actuels, y compris dans leurs dimensions historiques et internationales. Attachée à favoriser les débats autour de questions d'actualité autant qu'à diffuser une information objective, la revue participera ainsi pleinement à la vie citoyenne.

Support d'expression de l'ensemble des composantes de la SFdS et de tous ses groupes thématiques, *Statistique et société* souhaite et saura s'ouvrir à des contributions extérieures conformes à sa vocation. Son rythme de parution est trimestriel.

*Statistique et société* est, comme les autres revues de la SFdS, une publication exclusivement électronique et gratuite pour les lecteurs et pour les auteurs, accessible librement à partir de son site web ([www.statistique-et-societe.fr](http://www.statistique-et-societe.fr)).



# Bienvenue dans le monde statistique

Cédric Villani

Directeur de l'institut Henri Poincaré

---

Dans notre monde déjà saturé d'informations, lancer une nouvelle revue ne peut se justifier que si l'on a un point de vue nouveau et pertinent à faire valoir. C'est le pari que fait *Statistique et Société*. Un pari réaliste ! Car la statistique a envahi notre quotidien, pour le pire et le meilleur.

En 2012 on l'a rencontrée, omniprésente, dans le débat politique lié aux élections présidentielles, quand les journaux de tout bord s'employaient à assouvir les besoins des français, premiers consommateurs du monde de sondages politiques.

On l'a retrouvée dans le débat législatif, quand est revenu sur la table l'épineux dossier de la loi sur la transparence des sondages. Là où le législateur souhaiterait imposer la publication des données brutes par souci d'information du public, les instituts de sondage se révoltent contre une atteinte à leurs droits et critiquent une mesure illisible pour le grand public.

On l'a retrouvée encore dans les deux expériences scientifiques qui ont réussi à se frayer un chemin, au cours de l'année écoulée, jusqu'à la une des journaux grand public. La première était la découverte du Boson de Higgs, ou tout au moins d'un nouveau boson qui se comporte exactement comme celui qu'avait prévu Higgs et ses confrères Brout, Englert, Guralnik, Hagen et Kibble il y a plusieurs décennies. La seconde, dans un domaine extrêmement différent, était l'étude par Gilles-Éric Séralini du pouvoir cancérigène du maïs transgénique ingéré par des rats. Si la découverte du boson était un sujet sensible du fait du besoin de justifier les investissements colossaux réalisés dans le CERN, la question du maïs transgénique était encore plus explosive par ses retombées de santé publique et de politique économique.

Dans le cas du Boson de Higgs, le CERN n'a publié ses conclusions qu'une fois le consensus scientifique atteint. L'observation indirecte de collisions particulières n'est peut-être pas une méthode de détection si convaincante; alors on a répété ces observations jusqu'à pouvoir estimer à plus de 99,999% la probabilité d'existence d'un nouveau Boson. Vraiment, quelle extraordinaire science que la statistique !

Pour le maïs transgénique en revanche, c'est avant le consensus qu'a eu lieu la communication aux médias, assortie de drastiques conditions de confidentialité durement critiquées par l'Association des journalistes scientifiques. Le débat qui s'est ensuivi a amené des scientifiques à prendre parti les uns contre les autres par voie de presse, mettant de côté toute discussion argumentée au profit d'une controverse passionnée, exacerbée par le choix de l'équipe Séralini de ne pas communiquer les données brutes de l'expérience, et par les doutes que laissait planer le traitement statistique. Comme trop souvent dans ce domaine, le calcul de la puissance du test n'a pas été effectué, et de manière générale la procédure statistique a été suffisamment floue pour motiver la décision du Haut Conseil des Biotechnologies (HCB) de rejeter les conclusions de l'équipe Séralini. Du fait des faibles effectifs des échantillons test (seulement 10 rats), il suffisait que quelques-uns des rats témoins, par accident, vivent plus longtemps que prévu,

pour fausser toutes les comparaisons de longévité. Vraiment, quelle science approximative que la statistique !

On voit à travers ces exemples que la statistique à son mot à dire sur tout -- elle est cruciale dans les diagnostics, dans les grands enjeux scientifiques actuels -- et pour tous, depuis les experts jusqu'aux ``simples`` citoyens. Heureusement, il est possible de la présenter sous une forme accessible; c'est ce que nous rappelle le document public réalisé par le HCB et le rapport rédigé par l'OPECST à l'occasion de l'affaire Séralini. C'est aussi le défi que compte relever cette nouvelle revue.

Statistique et société : deux mots qui n'ont jamais été aussi proches que maintenant.





# Statistique, risques OGM et réglementations

Par la rédaction

---

**Depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle**, le développement de l'agronomie est étroitement lié à celui de la statistique appliquée. Après la seconde guerre mondiale, leurs progrès ont donné naissance à l'épidémiologie clinique moderne. Pourtant, dans le même temps, des craintes ont été exprimées sur les risques d'une culture intensive et les bouleversements socio-économiques induits à moyen et long terme par ces techniques, craintes qui se sont intensifiées avec l'apparition des biotechnologies et les possibilités nouvelles d'agir sur le génome. Les "monstres" biologiques au sens littéral du terme, que sont les OGM, nés dans les éprouvettes de laboratoire, loin du terrain naturel, forcé ou non, font l'objet d'interrogations multiples de la part des consommateurs. Les processus d'autorisation d'usage, de commercialisation et de diffusion apparaissent complexes, variables selon les pays et restent peu compréhensibles du grand public, alors même que les possibilités de traçabilité font encore l'objet d'intenses débats.

Un nouvel épisode de ces débats a été ouvert par la publication en septembre dernier d'un article de Gilles-Eric Séralini et son équipe, suggérant que des rats nourris exclusivement avec des OGM pendant une longue période (deux ans) pouvaient présenter des anomalies spectaculaires. Cette publication a été suivie d'une vive controverse.

*Statistique et société* souhaitait inviter différents acteurs de cette controverse à apporter leur éclairage dès lors que la statistique apparaît singulièrement mise en avant par les différentes parties prenantes. Marc Lavielle, statisticien, actuellement membre du comité scientifique du Haut conseil des biotechnologies a bien voulu apporter le point de vue du statisticien professionnel en soulignant l'apport et les limites de l'outil statistique dans le processus d'examen et de prise de décision d'autorisation. Nous aurions souhaité disposer du point de vue de toxicologues impliqués dans l'expertise scientifique et l'élaboration ou la modification de ses normes. Cette discipline n'est pas une mais plurielle, englobant des domaines assez distincts et des procédures de contrôle assez différentes : aucun des spécialistes de ces domaines n'a souhaité s'exprimer dans l'immédiat au nom de tous. Enfin, nous avons mené un entretien avec deux représentants de la fondation Sciences citoyennes, proche de G.E. Séralini. Nous les avons questionnés sur leur perception des conséquences de l'affaire. Leur analyse porte en particulier sur l'accès aux données des essais industriels. Ils le souhaitent plus ouvert qu'il ne l'est actuellement, de façon à élargir notablement la liste des experts susceptible de statuer sur la dangerosité des plantes modifiées.

Deux points de vue, donc, qui placent la question statistique au centre de leur réflexion, bien qu'ils l'envisagent de deux façons très différentes : l'un insiste sur les tests, les autres sur les

*données*. Et deux points de vues qui se préoccupent aussi du rôle du statisticien comme citoyen ; mais qui aboutissent à des conclusions bien différentes. Pour l'un, c'est la mise en œuvre « irréprochable » des procédures statistiques qui constitue sa responsabilité de scientifique parce que son expertise permet de trancher, ne serait-ce que localement ; pour les autres c'est au contraire « l'ouverture du débat dans la société civile » qui représente l'acte citoyen par excellence, car chacun peut ainsi participer tout au long du processus de décision. A nos lecteurs de se faire une opinion. A eux aussi de nous en faire part s'ils le souhaitent : pour nous, la question est loin d'être résolue, et notre revue y reviendra dans de futures livraisons.



# Rôle et limites de la statistique dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux OGM

Marc Lavielle

Inria Saclay & Laboratoire de Mathématiques, Université Paris Sud Orsay

Membre du Comité Scientifique du Haut Conseil des Biotechnologies

---

## Introduction

Les plantes génétiquement modifiées (PGM) sont des variétés de plantes modifiées génétiquement par l'ajout d'un gène leur conférant, par exemple, une résistance à des insectes nuisibles comme la pyrale du maïs, ou une résistance à un herbicide comme le glyphosate. La culture et l'importation des OGM font l'objet d'un cadre réglementaire européen. Toute demande d'autorisation de mise sur le marché qu'un industriel soumet doit être accompagnée d'éléments scientifiques permettant de caractériser le produit et de prouver qu'il répond aux exigences de la réglementation européenne, souveraine en la matière. Plus précisément, le pétitionnaire doit produire différentes études afin de démontrer que son nouveau produit présente des propriétés semblables à une plante non génétiquement modifiée, en termes de composition, de propriétés agronomiques, d'alimentarité, de toxicité, d'allergénicité ou encore de risque environnemental. Depuis 2003, l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) chargée de ce dossier, offre la possibilité aux Etats membres d'évaluer les dossiers. En France, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) et le Haut Conseil des Biotechnologies (HCB) interviennent dans ce cadre. L'Anses se prononce essentiellement sur les aspects de sécurité sanitaire des OGM tandis que le HCB émet principalement des avis sur les aspects environnementaux et de composition des OGM.

Les études de toxicité sub-chroniques consistent à nourrir pendant 90 jours des groupes de rats avec différents régimes (OGM ou non OGM) et différentes doses (11% et 33% dans le cas du maïs par exemple). On mesure de très nombreux paramètres : paramètres biochimiques dans le sang et dans les urines, paramètres hématologiques, poids des organes. On va ensuite regarder si des dissemblances apparaissent entre les groupes tests et les groupes témoins. Il faut bien sûr comparer ce qui est comparable : on compare donc les données entre groupes de même sexe et nourris avec la même dose.

Les analyses de composition consistent à comparer la composition de la plante OGM étudiée avec une plante non OGM « quasi isogénique » qui va servir de comparateur. Là encore, de très nombreux paramètres sont mesurés (teneurs en acides aminés, en acides gras, en fibres, en sels minéraux ...) sur différents lots issus de différents sites géographiques.

Un grand nombre de données sont donc recueillies à l'issue de ces études. Toutes ces mesures font ensuite l'objet d'analyses statistiques afin de comparer les propriétés de la plante OGM et de la plante témoin non OGM.

Que cela soit pour démontrer l'innocuité des OGM ou leur toxicité, les analyses statistiques se limitent généralement à regarder si des différences sont statistiquement significatives. La différence entre ces études réside dans l'interprétation des différences trouvées comme significatives selon la finalité et le point de vue de leurs auteurs : le pétitionnaire fait son possible pour expliquer que ces différences ne sont pas biologiquement significatives, alors

que les détracteurs cherchent à démontrer le contraire, parfois au détriment de la rigueur scientifique<sup>8,7</sup>.

## Comment conclure coûte que coûte à l'innocuité des OGM

Bien évidemment, des différences sont toujours observées et une partie de ces différences observées est due simplement au « hasard » (i.e. à la façon dont ont été constitués les échantillons). Une première question se pose alors :

*Toutes ces différences ne sont-elles dues qu'au hasard, ou bien certaines d'entre elles peuvent-elle être expliquées par la différence de régime (OGM v.s. non OGM) ?*

Cette question est d'ordre purement statistique et les réponses que l'on peut apporter reposent sur des tests statistiques de comparaisons. La procédure classique consiste à comparer, pour chaque paramètre, les moyennes obtenues dans les groupes témoin et test. On pose alors comme hypothèse de référence que les moyennes sont identiques dans les deux groupes, ce qui revient donc à considérer a priori l'OGM comme "présumé innocent": aux données de démontrer le contraire !

Une telle approche a ses limites concernant les conclusions qui peuvent en être tirées: ainsi, un test non significatif permet uniquement de conclure que les données recueillies ne mettent pas en évidence de différences statistiquement significatives.

### Justifier rigoureusement ses conclusions

Il est fréquent de lire dans un dossier que l'absence de différences significatives permet de conclure à l'absence de différences et donc à l'équivalence entre l'OGM et le témoin non OGM. Voici par exemple ce que l'on peut lire dans un dossier concernant un coton OGM: « *No significant differences between treatments mean values over all sites (p-value ANOVA for main effect treatment > 0.05) were found... In all these cases, substantial equivalence between XXX cotton and the conventional counterpart can be stated.* »

Le bon outil statistique pour conclure à l'équivalence n'est bien évidemment pas le test de comparaison de moyennes (particulièrement favorable à l'industriel qui part du principe qu'il n'existe pas d'effet OGM) mais le test d'équivalence qui protège davantage le consommateur en partant de l'hypothèse qu'il existe un effet OGM préoccupant : l'OGM est cette fois-ci "présumé coupable" et c'est alors à l'expérience de démontrer qu'il n'en est rien.

Le HCB a depuis sa création systématiquement signalé dans ses avis toute conclusion mal formulée par le pétitionnaire à ce sujet. Il faut également souligner que l'EFSA a émis de nouvelles lignes directrices pour les analyses de composition dans lesquelles il est recommandé d'effectuer des tests de comparaison mais également des tests d'équivalence<sup>4</sup>. *Il est également mentionné clairement p. 18 « the absence of significant results is not a proof for equivalence of the GMO and the comparator ».* Etre beaucoup plus exigeant pour démontrer l'équivalence n'est pas anodin. En effet, on voit fréquemment le pétitionnaire invoquer comme argument le fait que l'équivalence en substance est démontrée pour ne pas effectuer certaines études complémentaires (alimentarité, toxicité,...). Il ne peut donc plus désormais se soustraire à ces études sur la simple base de tests de comparaisons non significatifs (rappelons qu'un test ne sera pratiquement jamais significatif avec de faibles échantillons). S'il faut saluer l'EFSA pour cette position concernant les analyses de comparaison, on peut regretter qu'il n'en soit pas de même pour les études de toxicité, alors que là encore, le pétitionnaire se permet de conclure à l'équivalence en termes sanitaires (« *as safe as* ») sur la base de tests de comparaison. Une première version de nouvelles lignes directrices était explicite à ce sujet<sup>2</sup>, p 24 : « *Equivalence between two diets can only be concluded from an experiment designed to test for equivalence using*

*appropriate statistical methods. Equivalence cannot be concluded by observing non-significant P-values from an experiment designed for superiority.* ». Cette phrase a curieusement disparu dans la version finale de ces lignes directrices<sup>3</sup>. Signalons que l'Anses a également publié des recommandations concernant les méthodes statistiques d'analyse des données de toxicologie mais en insistant sur le fait qu'un résultat d'équivalence se doit d'être justifié par un test d'équivalence<sup>1</sup>. Il ne s'agit pas d'imposer que ce test soit systématiquement effectué car il est vrai que sa mise en oeuvre peut être délicate dans le cas des études de toxicité (les limites d'équivalence sont difficiles à déterminer). C'est par contre la responsabilité du pétitionnaire d'effectuer ce test s'il souhaite conclure à l'équivalence.

Tout statisticien sait parfaitement qu'absence de significativité ne signifie pas absence d'effet ("*absence of evidence is not evidence of absence*"). Cette remarque est d'autant plus pertinente lorsque l'on sait que la plupart des études de toxicité sont réalisées sur des groupes de 10 rats (20 pour les analyses de poids). Il y a nécessairement une part non négligeable d'incertitude et vouloir la dissimuler serait ridicule : mieux vaut assumer cette incertitude et formuler en termes précis et rigoureux les conclusions que les études permettent de tirer.

### Apporter de bonnes réponses à de bonnes questions

Le test de comparaison de moyennes tel qu'il est généralement mis en oeuvre ne présente pas beaucoup d'intérêt car on pourrait systématiquement rejeter l'hypothèse nulle (et donc conclure à un effet OGM) sans risque de se tromper. En effet, le fait de changer de régime provoque inévitablement des modifications de nombreux paramètres physiologiques, et ce indépendamment du caractère toxique de ces régimes. Même infimes, ces différences existent et il est donc paradoxal d'en tester l'existence ! La première vraie question qu'il convient de se poser est de savoir si ces différences sont suffisamment importantes pour être associées à un effet toxique :

Si des différences sont considérées comme statistiquement significatives (i.e. on rejette l'hypothèse nulle en acceptant l'idée que la différence de régime explique une partie des différences observées), faut-il alors conclure à l'existence d'un risque pour notre santé ?

Ce n'est plus du tout une question d'ordre statistique et seul le toxicologue est en mesure d'évaluer si les différences qu'il observe peuvent indiquer ou non des signes de toxicité. En effet, il ne suffit pas par exemple d'observer une baisse significative de l'albumine sérique pour conclure à une toxicité hépatique. D'autres paramètres biochimiques comme les transaminases doivent également présenter des différences. La difficulté majeure ici est de traduire en termes mathématiques ce que signifie « impact sur la santé ». En effet, on ne sait pas définir une zone de rejet d'un test qui porte simultanément sur plusieurs dizaines de paramètres. Il est par conséquent totalement illusoire d'imaginer que la statistique peut être un outil de décision dans ce cadre. La règle de décision ne peut être basée que sur une réelle expertise toxicologique, mais sûrement pas sur la valeur d'un degré de signification. La statistique sert ici d'outil d'aide à la décision : le statisticien ne fait que lever des drapeaux orange pour des paramètres pour lesquels il soupçonne un effet OGM, c'est ensuite au toxicologue de décider s'il convient de lever le drapeau rouge s'il observe une configuration particulière de drapeaux orange levés.

Cela nous conduit à la deuxième question que le citoyen est en droit de se poser :

*Que peut-on espérer mettre en évidence avec une étude donnée ?  
Quelles sont les chances de détecter un effet nocif pour la santé humaine ?*

Ces questions sont en effet pertinentes pour le consommateur, puisque se contenter d'évaluer

la probabilité de se tromper en concluant à tort à l'existence d'un effet OGM (donc risquer de ne pas commercialiser un aliment sans danger) n'est pas suffisant. Il faut systématiquement évaluer la probabilité de ne pas détecter un effet OGM lorsque cet effet existe réellement (donc risquer de commercialiser un aliment dangereux pour le consommateur). D'un point de vue technique, toute la difficulté est de déterminer dans un premier temps la taille de l'effet qu'il faut pouvoir détecter, puis de calculer la puissance du test mis en œuvre.

### Utiliser le bon outil pour répondre aux bonnes questions

Lorsqu'une différence s'avère statistiquement significative, ces données sont comparées à des données de référence, obtenues lors d'études précédentes sur différentes variétés non OGM. L'effet détecté est alors considéré comme biologiquement non significatif si la valeur du paramètre considéré pour l'OGM est compatible avec ces valeurs de référence : la variabilité observée pour l'OGM est alors mise sur le compte d'une *variabilité naturelle*.

Le principe même de cette approche, totalement empirique, peut sembler raisonnable, mais c'est son utilisation qui reste discutable. En effet, ces données historiques peuvent présenter de grandes disparités et donc surestimer la variabilité naturelle de la variété considérée. La notion même de différence biologiquement non significative reste très empirique et ne repose sur aucune définition précise. Il n'est donc plus possible d'associer un risque d'erreur à cette procédure puisqu'il n'y a aucun modèle statistique sous-jacent. Les conclusions basées sur cette approche devraient donc refléter l'aspect empirique de la procédure et ses limites.

Il faut enfin remarquer que l'adoption de cette approche confirme l'idée qu'un simple test de comparaison n'est pas l'outil statistique le mieux adapté à ces analyses, puisque l'objectif est bien de détecter des différences biologiquement significatives et non des différences statistiquement significatives.

### Comment conclure coûte que coûte à la toxicité des OGM

Des études prétendant démontrer la toxicité des OGM sont régulièrement publiées, avec parfois une forte ampliation médiatique<sup>7,8</sup>. Jusqu'à présent, ces études souffrent de faiblesses méthodologiques qui remettent en question les conclusions avancées. Ainsi, la dernière étude en date, hyper-médiatisée, rapporte des effets délétères chez le rat de la consommation sur le long terme de maïs génétiquement modifié NK603 et du Roundup, un herbicide à base de glyphosate.

Les critiques à l'encontre du contenu scientifique de cette publication ont été nombreuses et solidement étayées. En particulier, l'avis du comité scientifique du HCB détaille les faiblesses du protocole, de l'analyse des données de survie et des données de tumeurs, de l'analyse des paramètres biochimiques<sup>5</sup>. La conclusion du HCB est sans appel: *le comité scientifique du HCB conclut que le dispositif expérimental et les outils statistiques utilisés souffrent de lacunes et faiblesses méthodologiques rédhibitoires, qui ne permettent pas de soutenir les conclusions avancées par les auteurs.*

Il ne s'agit pas de reprendre ici l'ensemble de cette analyse, mais quelques aspects de cette « affaire » méritent d'être soulignés :

### La démarche "scientifique"

La démarche de G.E. Séralini et son équipe consiste, dans cet article comme dans les précédents, à chercher à tout prix des différences statistiquement significatives, au mépris de toute bonne

pratique statistique et au prix d'erreurs méthodologiques graves. Des erreurs grossières et incontestables avaient ainsi été relevées dans l'article de 2007<sup>7</sup> : des confusions entre effets aléatoires et effets fixes avaient conduit à tort à des différences significatives sur les poids des rats. La multiplicité des tests a été, d'autre part, régulièrement ignorée, ce qui conduit à mettre en évidence de faux positifs (différences considérées à tort comme significatives). C'est d'ailleurs là une véritable question qui est soulevée : quelle valeur peut-on donner à un test présenté comme significatif lorsque l'étude ne suit aucun plan d'analyse statistique préalablement établi ? Comment s'assurer que "le" résultat présenté n'a pas été choisi comme le plus significatif parmi tout un ensemble de tests (ce qui change bien évidemment le niveau du test) ?

Proposer une approche qui prétend mettre en évidence de nombreuses différences statistiquement significatives n'est pas critiquable en soi, si elle est rigoureuse ! Les choix de seuils de significativité des tests statistiques doivent faire l'objet de réflexions préalables selon les objectifs poursuivis. Ainsi, le groupe de travail mis en place par l'Anses préconise d'effectuer des tests avec un niveau de 10%, plutôt que les 5% habituels<sup>1</sup>. Il en résulte mécaniquement un test plus puissant. Mais identifier davantage de différences statistiquement significatives ne signifie bien sûr pas qu'elles sont biologiquement significatives ! C'est la taille des effets observés, la cohérence entre différents paramètres, entre différents groupes, qui peut éventuellement conduire le toxicologue à suspecter un effet toxique de l'OGM. Cet aspect de l'analyse est ignoré dans les différents articles de G.E. Séralini, alors que c'est clairement le plus important.

### Le glissement sémantique

Si le pétitionnaire a souvent tendance à conclure à l'absence de risque sans y être autorisé, les articles de G.E. Séralini sur les OGM font également l'objet de nombreux glissements sémantiques. Comme déjà signalé, des effets statistiquement significatifs deviennent systématiquement des effets biologiquement significatifs dans les conclusions. Voici à titre d'exemple une conclusion parmi d'autres extraite de l'article de 2012<sup>8</sup> : *The results of the study presented here clearly demonstrate that lower levels of complete agricultural glyphosate herbicide formulations, at concentrations well below officially set safety limits, induce severe hormone-dependent mammary, hepatic and kidney disturbances.* Le terme utilisé de "sévère" ne se réfère pas à une taille d'effet, mais à un degré de signification.

Un autre exemple de glissement sémantique consiste à utiliser des méthodes de statistique descriptive (en les revendiquant comme telles), puis à formuler des conclusions de caractère inférentiel sans justification. On lit par exemple p. 8 de<sup>8</sup> : *All treatments in both sexes enhanced large tumor incidence by 2-3-fold in comparison to our controls.* Cette affirmation relève de la statistique inférentielle puisqu'elle mentionne une relation de cause à effet entre le traitement et l'apparition de tumeurs. Aucune analyse statistique ne vient pourtant corroborer cette affirmation, aucun argument scientifique ne permet de démontrer que l'incidence des tumeurs est liée au traitement.

### Des avis plutôt que des arguments

Cette étude aurait mérité une véritable discussion scientifique entre experts, afin de pouvoir éclairer le citoyen sur ce que la science permet réellement de dire à partir d'une telle étude, et ce, au delà de toute conviction personnelle. Mais ce débat de nature scientifique a été confisqué, systématiquement replacé sur la scène publique et converti en échange d'idées sur les OGM. Dans un tel débat de société où la science est convoquée, ce sont des arguments scientifiques qu'il convient d'avancer, et non des avis ou des opinions.

## Conclusion

Dans ce débat sur l'évaluation des risques liés aux OGM, un des rôles majeurs des agences et des institutions comme l'EFSA, l'Anses ou le HCB, est multiple :

communiquer de façon claire et transparente sur ce qu'une étude permet réellement de conclure, en laissant aux incertitudes la place qu'elles méritent. Il faut en effet éduquer le citoyen à la culture de l'incertain: répéter encore et encore qu'une étude, même bien menée, ne permettra pas de conclure de façon définitive sur l'impact sanitaire des OGM, expliquer encore et encore qu'affirmer que l'on est sûr à 99% qu'un OGM n'est pas toxique ne signifie pas qu'il l'est dans 1% des cas.

inciter pétitionnaires et chercheurs à ne formuler que les conclusions que l'étude permet réellement de tirer, sans faire preuve d'un excès d'optimisme ou de pessimisme. Ainsi, si une étude ne permet pas de conclure qu'un OGM est dangereux, il n'est pas question pour autant de conclure définitivement à son innocuité. Mais si cette étude ne permet pas de conclure à l'innocuité de l'OGM, il n'est pas non plus question de conclure fermement à sa toxicité.

Le rôle du statisticien dans ce débat est également multiple :

Rappeler que nous sommes dans un environnement incertain et que la première fonction du statisticien n'est pas de lever les incertitudes, mais de les évaluer.

Rappeler le rôle limité de la statistique : c'est un outil d'aide à la décision, mais pas un outil de décision ! Ce n'est pas la statistique qui permet de conclure si un OGM est dangereux ou non pour la santé humaine. La statistique est là au service du toxicologue pour les études de toxicité, du biologiste des végétaux pour les études de composition,...

Prôner de bonnes pratiques statistiques : la statistique est trop souvent maltraitée et il est indispensable que toutes les études, quelles que soient leurs motivations, soient basées sur une analyse statistique fiable et de qualité. Il faut impérativement pour cela développer une culture du savoir-faire en statistique, en formant les statisticiens à l'utilisation de la statistique et les citoyens à sa place et son interprétation.

Et surtout, c'est le devoir du statisticien-citoyen d'être irréprochable dans son approche scientifique : une analyse statistique correctement menée ne devrait jamais pouvoir être contestée !

## Références

1. ANSES (rapport collectif). Recommandations pour la mise en oeuvre de l'analyse statistique des données issues des études de toxicité sub-chronique de 90 jours dans le cadre des demandes d'autorisation de mise sur le marché d'OGM. Technical report, ANSES, 2011.
2. EFSA Scientific Committee. Draft for public consultation - scientific opinion efsa guidance on repeated-dose 90-day oral toxicity study on whole food/feed in rodents. 2011. <http://www.efsa.europa.eu/en/consultationsclosed/call/110707.pdf>.
3. EFSA Scientific Committee. EFSA guidance on conducting repeated-dose 90-day oral toxicity study in rodents on whole food/feed. EFSA Journal, 9, 2438, 2011. <http://www.efsa.europa.eu/fr/efsajournal/doc/2438.pdf>.
4. EFSA Panel on GMO. Statistical considerations for the safety evaluation of GMOs. EFSA Journal, 8, 1250, 2010. <http://www.efsa.europa.eu/fr/efsajournal/pub/1250.htm>.
5. HCB (Comité Scientifique). Avis du comité scientifique du HCB du 19 octobre 2012 en réponse à la saisine du 24 septembre 2012 relative à l'article de Séralini et al. Technical report, HCB, 2012. [http://www.hautconseildesbiotechnologies.fr/IMG/pdf/Etude\\_Seralini\\_Avis\\_CS\\_HCB\\_121019.pdf](http://www.hautconseildesbiotechnologies.fr/IMG/pdf/Etude_Seralini_Avis_CS_HCB_121019.pdf).
6. M. Lavielle. Interdire les OGM relève de la politique. Le Monde, 13-11-2012. [http://www.lemonde.fr/idees/article/2012/11/02/interdire-les-ogm-releve-de-la-politique\\_1784877\\_3232.html](http://www.lemonde.fr/idees/article/2012/11/02/interdire-les-ogm-releve-de-la-politique_1784877_3232.html).
7. G.E. Séralini, D. Cellier, and J. De Vendomois. New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 52(4):596-602, 2007.
8. G.E. Séralini, E. Clair, R. Mesnage, S. Gress, N. Defarge, M. Malatesta, D. Hennequin, and J. de Vendômois. Long term toxicity of a roundup herbicide and a roundup-tolerant genetically modified maize. Food and Chemical Toxicology, 2012.
9. C. Villani. Les statistiques ne sont pas toujours des mensonges. Le Monde, 13-12-2012. [http://www.lemonde.fr/sciences/article/2012/12/13/les-statistiques-ne-sont-pas-toujours-des-mensonges\\_1806216\\_1650684.html](http://www.lemonde.fr/sciences/article/2012/12/13/les-statistiques-ne-sont-pas-toujours-des-mensonges_1806216_1650684.html).



# Les conséquences de l'affaire Séralini

## Entretien avec

Christian Vélot et Christophe Morvan

Fondation Sciences citoyennes

---

**Statistique et société** a rencontré Christian Vélot, membre du conseil scientifique du CRIIGEN, administrateur de la fondation « Sciences citoyennes », et Christophe Morvan, responsable des relations avec la presse de la fondation « Sciences citoyennes ». Cette association se donne pour objectif de « favoriser et prolonger le mouvement actuel de réappropriation citoyenne et démocratique de la science ». De son côté, le CRIIGEN – Comité de recherche et d'information indépendantes sur le génie génétique – qui regroupe des chercheurs pluridisciplinaires et divers représentants de la société civile, a soutenu depuis plusieurs années la démarche de Gilles-Eric Séralini.

**S&S** : La publication en septembre 2012 de l'article de Gilles-Eric Séralini et de ses co-auteurs a déclenché une controverse. D'après vous, quels ont été les effets de cette controverse ?

**CV** : Tout d'abord, je pense qu'un certain nombre de chercheurs ont pris conscience de la carence et de l'opacité de l'évaluation des technologies. On est souvent formaté quand on est chercheur dans une discipline technique : on a souvent tendance à penser que tout ce qui sort d'un labo est forcément bon pour l'humanité, parce que c'est le produit d'une activité de recherche. Au prétexte qu'ils participent eux-mêmes à des technologies, même si ce n'est pas à des fins appliquées, les chercheurs ont tendance à les banaliser, à croire qu'elles sont parfaitement cadrées, parfaitement maîtrisées. Et là, avec l'affaire Séralini, il y a eu prise de conscience qu'il n'en est rien. Par exemple, beaucoup ignoraient que les autorisations de mise sur le marché étaient faites sur la base d'études réalisées par les entreprises qui demandent ces autorisations<sup>1</sup> : ils l'ont appris grâce à la couverture médiatique de cette affaire.

### Communication des données scientifiques

Le deuxième effet porte sur la communication des données scientifiques. C'est à la fois la question « A-t-on le droit, ou pas, de communiquer au-delà du cercle scientifique lorsqu'un résultat est publié ? » et la question de la communication des données brutes des études elles-mêmes. D'une part, une frange de la communauté scientifique a été dérangée par le « buzz médiatique » qu'il y a eu autour de la publication de l'étude : deux livres, deux films, la couverture du *Nouvel Observateur*... Pour eux, les discussions doivent rester dans le cercle des savants qui savent ; les autres ne comprennent rien et donc ce n'est pas leur problème. Cela pose la question de savoir ce qu'on fait des données de recherche : est-ce que la société civile doit pouvoir ou non s'en emparer en même temps que les scientifiques ? D'autre part, le problème de la publication des données brutes des études conduisant aux autorisations commerciales et la communication auprès du grand public des résultats scientifiques de l'étude de G.-E. Séralini

et co-auteurs ont été directement liés : en effet, c'est parce qu'il y a eu ce « buzz médiatique » que 130 ONG ont fait pression pour demander la communication des données brutes de la part des comités d'évaluation et des laboratoires des pétitionnaires qui font les expertises. C'est un changement total : c'est quelque chose dont on ne discutait jamais avant, et qui maintenant est au cœur du débat dans la communauté scientifique.

**S&S** : Les industriels accepteraient cette communication tout-à-coup ? Pourquoi ?

**CV** : Non, les industriels n'acceptent pas aussi facilement. Mais les agences d'évaluation sont prises en sandwich entre les pétitionnaires qui refusent la communication, et la pression citoyenne et politique découlant de l'affaire Séralini, qui leur dit : « vous exigez les données brutes de Séralini, il répond d'accord, à condition que vous donniez les vôtres, de telle sorte que la communauté scientifique puisse disposer de l'ensemble des données existantes ».

**S&S** : Il y a eu effectivement des communications de données brutes, ou pas ?

**CV** : Il y a eu une communication de données brutes de la part de l'EFSA<sup>2</sup>, qui du coup est menacée de poursuites par Monsanto, pour atteinte à la propriété industrielle. Mais l'EFSA n'a fait qu'un demi-pas pour le moment : elle n'a fourni qu'un document « PDF » qu'on ne peut pas exploiter, et non un fichier Excel où les données peuvent être traitées statistiquement. Pour nous, la loi devrait changer, pour que l'on puisse sortir du cadre juridique de la propriété industrielle les données brutes des études d'évaluation sanitaires et environnementales.

**CM** : La veille de la conférence de presse de Gilles-Eric Séralini à Strasbourg, conférence qui devait porter justement sur la question de la publication des données brutes, l'EFSA a diffusé un communiqué de presse pour dire qu'ils rendaient disponibles les données brutes d'études Monsanto. La veille ! C'est bien la preuve que cette étude modifie les comportements des acteurs.

**S&S** : Mais est-ce que les entreprises ne risquent pas de se faire piller, si on les oblige à rendre publiques leurs données brutes ?

**CV** : Non, parce qu'il ne s'agit que des données des études d'évaluation, pas des données sur la fabrication des produits. Cela ne mettrait pas en danger les produits en termes d'espionnage industriel.

**S&S** : Un effet important de la controverse Séralini, pour vous, c'est donc cette attention portée à la publication des données. Mais qu'est-ce qui vous permet de penser que cet effet va être durable ?

**CV** : Il y a sans arrêt de nouvelles évaluations qui sont produites à l'échelle européenne, puisque les autorisations commerciales sont données au niveau communautaire, et à chaque fois le problème de la transparence des données va être reposé. Par ailleurs, l'étude Séralini n'est pas terminée, il y a au moins cinq autres publications à venir, dont une qui vient de sortir sur le problème du « Round-up » lui-même<sup>3</sup>, qui démontre que la molécule toxique du Round-up pour les cellules animales n'est pas le principe actif chez les plantes, mais un des composés des adjuvants. Or la seule évaluation qui a été faite sur le Round-up a été faite sur ce principe actif, ce qui fait que les agences d'évaluation n'ont de données que sur celui-ci. Donc, ça ne peut pas s'arrêter, et pour moi il y aura désormais l'« avant-étude Séralini » et l'après.

## Nouvelles directives institutionnelles

**S&S :** Comment comprenez-vous la position qu'ont prise les agences françaises, HCB<sup>4</sup> et ANSES<sup>5</sup> ? Ces agences ont dit : d'une part l'étude Séralini ne fait pas preuve, d'autre part il faut, comme il l'a fait, allonger les expériences d'évaluation, c'est-à-dire que son protocole expérimental mérite d'être reproduit.

**CM :** C'est une position schizophrène, une position politiquement stratégique par rapport à des positions antérieures.

**CV :** Même si l'ANSES est une agence nouvelle, il y a parmi les membres de l'ANSES des anciens membres de l'AFSSA<sup>6</sup>, qui ont donc contribué indirectement à autoriser le Round-up et l'OGM NK603 ; de même que le HCB a contribué à autoriser l'OGM NK603. Ainsi, Marc Lavielle, qui critique aujourd'hui activement les statistiques de l'étude Séralini, ne s'est pas fait beaucoup entendre sur celles de Monsanto. Pour ces personnes, reconnaître la validité de l'étude Séralini, même partiellement sur certains aspects, reviendrait à se désavouer. D'un autre côté, ils veulent sans aucun doute se prémunir de l'avenir au cas où de nouvelles études toxicologiques de long terme viendraient confirmer les résultats de G.E. Séralini. C'est pourquoi ils préconisent eux-mêmes de telles études de long terme. Cela est totalement illogique : on ne peut pas à la fois dire que « l'étude Séralini n'est pas en mesure de remettre en cause l'innocuité des produits en question » et en même temps reconnaître que c'est quasiment la seule étude de long terme dont on dispose et qu'il est donc nécessaire d'en faire d'autres. Ils révèlent ainsi le peu de confiance qu'ils ont dans leurs propres conclusions

**S&S :** Quel est le pouvoir réglementaire de ces agences ? Est-ce que dorénavant des études longues vont être obligatoires ?

**CV :** Ce ne sont que des agences consultatives ; mais évidemment, s'ils disent « Il faut des études à deux ans », cela a un poids énorme. Les politiques ne peuvent pas dire à la fois : « Nous ne pouvons pas être compétents partout, nous avons besoin de comités d'experts pour y voir plus clair », et ne pas suivre ces comités d'experts lorsque ceux-ci préconisent des études de long terme. De ce point de vue, les agences ont une responsabilité extrêmement importante, même si la décision finale ne leur appartient pas. En France, le ministre de l'agriculture Stéphane Le Foll a déclaré qu'il était décidé à faire faire des études à long terme, mais que pour les financer il faudrait demander des soutiens européens.

**S&S :** Comment de telles études pourraient-elles être financées ?

**CV :** Ceux qui critiquent l'étude de Séralini disent qu'elle aurait dû être faite sur des groupes de 50 rats<sup>7</sup> ; Séralini aurait bien aimé le faire sur de tels effectifs, mais il aurait alors fallu réunir 10 millions d'euros (au lieu de 3). A l'échelle nationale, on peut regretter que l'ANR (Agence Nationale de la Recherche, agence publique) ne propose pas d'appels d'offres pour de telles études. Mais si on doit faire la même chose pour chaque produit à évaluer, ça devient un gros problème économique. C'est pour cela que Pierre-Henri Gouyon et d'autres suggèrent que les instances nationales et européennes exigent des pétitionnaires qu'ils financent eux-mêmes de telles études, mais que celles-ci soient réalisées par des laboratoires indépendants de ces firmes sous le contrôle des pouvoirs publics.

**S&S :** Vous considérez que les entreprises ont obtenu des conditions d'évaluation trop favorables : études trop courtes, pas de publicité des données... Comment ont-elles obtenu cela ? C'est historique ?

**CV :** Oui, cela remonte loin. Monsanto, par exemple, a fait tout un lobbying auprès des instances gouvernementales américaines, du temps de la présidence de Bush père, pour dé-réguler le système, pour obtenir un système d'évaluation extrêmement laxiste qui leur permette d'avoir des marges. Les semenciers reconnaissent eux-mêmes que si on les obligeait à faire des études à deux ans sur les rats pour chaque produit OGM, financièrement cela ne vaudrait plus le coup pour eux. Mais l'Europe peut très bien dire « On ne peut pas se prononcer sur l'autorisation commerciale de votre produit tant qu'on n'a pas des évaluations de vie entière sur les animaux », et cela sans contrevenir aux règles de l'OMC<sup>8</sup> sur la libre circulation des marchandises. Mais il faut du courage politique pour cela.

**CM :** Il y a aussi la question des contre-expertises. Outre leurs propres études sur l'innocuité des produits, les firmes sont censées fournir aux agences sanitaires des études produites par d'autres laboratoires, indépendants. En fait ils communiquent des études qui ont été faites par des laboratoires « à eux », puisqu'ils choisissent eux-mêmes les laboratoires chargés de réexaminer leurs propres protocoles. C'est quelque chose qui se sait de plus en plus maintenant : toutes ces « contre-expertises » sont faites par des laboratoires que les firmes ont contactés elles-mêmes, et dont elles communiquent les résultats aux agences d'évaluation. Le principe absolument nécessaire de la « controverse scientifique » n'est pas mis en œuvre. Cette controverse n'existe pas, elle est complètement dénaturée par les firmes productrices.

**S&S :** Et vous pensez que la publication des données sera une façon d'empêcher les pétitionnaires de choisir des organismes de contre-évaluation trop favorables à leur produit ?

**CM :** Oui, parce que tout le monde pourra s'en saisir.

**S&S :** En fait, la publication des données, ça permet de résoudre plein de problèmes à la fois. Pour passer à un autre sujet, y a-t-il eu des conséquences juridiques de l'affaire Séralini ?

**CM :** L'étude a été publiée dans un contexte particulier : au même moment, par coïncidence, le groupe politique EELV<sup>9</sup> du Sénat s'est saisi d'un projet de la fondation Sciences citoyennes pour déposer une proposition de loi sur « l'expertise et l'alerte ». Un processus parlementaire destiné à aboutir à une loi a donc commencé à ce moment-là, et il y a eu synergie entre les deux événements, parce que cette proposition de loi questionne directement les conditions dans lesquelles les expertises peuvent se faire, et c'est directement lié à la question du NK603.

**CV :** Notre projet visait à créer une « Haute autorité de l'alerte et de l'expertise sur les questions sanitaires et environnementales » en intégrant le lancement des alertes, la protection des « lanceurs d'alerte », et l'instruction des alertes par le système d'expertise. La proposition de loi n'est pas aussi intégrée, on verra ce qui sortira du processus parlementaire.

**CM :** Il y a eu une très bonne couverture médiatique quand les discussions ont commencé au Sénat, et c'est en partie attribuable à la coïncidence avec la controverse Séralini. Par ailleurs, il y a aussi la question de la révision des lignes directrices de l'EFSA au niveau européen. Les lignes directrices précédentes s'appliquaient pour dix ans, et la Commission européenne a lancé un processus de révision de ces règles.

**S&S** : Des règles qui portent sur quoi ?

**CM** : Sur l'organisation et le fonctionnement de l'EFSA. Cela touche à des questions très sensibles : si les agences sanitaires en France ne fonctionnent pas très bien, on peut dire que l'EFSA fonctionne très mal. Ses experts ne sont pas rémunérés mais y font un travail bénévole : beaucoup évoluent professionnellement vers des entreprises industrielles liées à la fabrication des OGM ou d'autres produits qu'ils sont chargés d'évaluer. Toutes les questions qui ont été soulevées avec la publication de l'étude Séralini vont se retrouver en discussion dans ce contexte. Cette révision provoque une mobilisation d'organisations au niveau européen : à Parme, le jour du lancement du processus, un certain nombre d'ONG ont appelé à des changements drastiques dans la conception de l'expertise que doit avoir l'EFSA. Cette proclamation a eu un écho auprès de parlementaires européens et de membres de la Commission européenne.

**S&S** : Y a-t-il eu d'autres synergies au niveau international ?

**CV** : Oui, l'éditeur de l'article de Séralini, la revue Food and Chemical Toxicology, a reçu plus de 300 réactions de scientifiques pour apporter des soutiens à cette étude ; soutiens qui pouvaient comporter des critiques constructives, mais qui témoignaient du fait que ces scientifiques se reconnaissaient dans cette étude, et dans certains cas citaient des références scientifiques de travaux qui confortent ceux de Séralini. Certains de ces résultats avaient été publiés antérieurement, comme ceux de Robert Bellé sur les dangers du Round-up, dont cet auteur a fait état lors de son audition par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques à propos de la controverse Séralini. Et il y en a d'autres. C'est pour cela que je pense : ce ne sera plus comme avant. Certains continueront à affirmer que Séralini a été désavoué sur le plan scientifique. Nous ne le pensons pas : d'ailleurs son article n'a pas été retiré de l'édition scientifique. Et il a permis de faire émerger d'autres connaissances : c'est comme cela que la science avance !

## Références

1. Ces entreprises commanditaires sont le plus souvent appelées des « pétitionnaires »
2. European Food Safety Authority : Autorité européenne de sécurité des aliments
3. Le Round-up est le pesticide associé à la plante génétiquement modifiée qui a fait l'objet de l'étude de G.-E. Séralini.
4. Haut-conseil des biotechnologies
5. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
6. Agence française de sécurité sanitaire des aliments : créée en 1999, fusionnée en 2010 avec l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) pour créer l'ANSES
7. Au lieu de 10
8. Organisation mondiale du commerce
9. Europe-écologie Les Verts



# Faut-il confier à des statisticiens des responsabilités en matière électorale ?

Alain Godinot

Ancien inspecteur général de l'Insee

On croit souvent que les opérations électorales, et notamment le décompte des voix obtenues par les candidats, sont une affaire simple. Pourtant, les exemples de difficultés de toute nature ne manquent pas : qu'on se rappelle l'élection de George W. Bush en 2000, la désignation de la première secrétaire du parti socialiste en 2008 ou celle du président de l'Union pour un mouvement populaire l'automne dernier. Les Etats démocratiques sont très attentifs à l'organisation des élections politiques et adoptent des solutions variées. En France comme en Allemagne, les statisticiens se voient confier un rôle dans le processus de ces élections. En France, l'Insee est chargé d'assurer une bonne gestion des listes électorales ; en Allemagne, c'est la supervision de l'organisation des élections qui est confiée, *intuitu personae*, au président de l'institut de statistique. La compétence technique et/ou la tradition d'indépendance par rapport au politique sont à l'origine de ces missions, lesquelles ne sont pas sans risques pour la réputation de la statistique. Dans beaucoup de pays, les statisticiens publics se tiennent à l'écart des élections politiques. Cependant, lorsque la tradition l'a installée, leur participation est une forme de reconnaissance des vertus de la statistique.

Dans les pays démocratiques, les élections doivent être au-dessus de tout soupçon. Les voies pour y parvenir sont diverses, mais toutes appellent rigueur technique et impartialité. L'Etat, représenté par le ministère de l'intérieur, se veut lui-même en France le garant de cette impartialité en matière d'élections mais apprécie le support technique de la statistique. L'Etat fédéral allemand a cherché des garanties d'impartialité hors de la sphère administrative stricto sensu et les a trouvées dans le monde de la statistique. Dans l'un et l'autre cas, celle-ci contribue, par sa pratique de la gestion des grands fichiers et sa maîtrise des dénombrements, à la qualité de la mesure dans le processus électoral.

En France, l'implication des statisticiens publics dans les opérations électorales se confine à la gestion des listes électorales. Faire voter les morts, faire voter ses propres amis plusieurs fois grâce à des inscriptions multiples : dans tous les pays, ce genre de fraude risque de s'introduire. Une bonne gestion des listes électorales, outre son intérêt administratif, vise à empêcher de tels détournements. Le système français repose sur un système central d'identification des électeurs (encadré 1). Il a été confié à l'Insee en 1946, essentiellement parce que ce nouvel institut recueillait la tradition de gestion mécanographique du « Service national des statistiques » créé sous l'occupation (encadré 2).

En Allemagne, les garanties quant aux listes électorales sont obtenues différemment, sans impliquer les organismes statistiques publics<sup>1</sup>. Mais le président de l'institut national de statistique est fortement impliqué, à titre personnel, dans les élections fédérales. Il reçoit en effet la charge de « Bundeswahlleiter », c'est-à-dire de « directeur des élections fédérales » : à ce titre il a une compétence générale sur l'organisation de ces élections (voir encadré 3). L'origine de cette tradition allemande remonte au chancelier Bismarck : on peut y voir le signe d'une association ancienne entre les idées de « statistique » et d'« organisation rigoureuse » dans ce pays, ainsi qu'une reconnaissance très ancienne aussi de l'indépendance dont la sphère statistique doit disposer vis-à-vis du politique.

Pour tout ce qui concerne l'organisation, la gestion et le contrôle des opérations électorales, la proximité de la statistique et des autorités politiques est donc plus forte en Allemagne qu'en France. Alors qu'en France l'Insee se borne à donner son appui technique aux communes et à l'Etat pour assurer la bonne tenue des listes électorales, le « Bundeswahlleiter » joue en Allemagne un rôle qui s'impose à tous les acteurs. Dans les deux cas, compétence de gestion et indépendance expliquent le recours aux statisticiens.

Mais cette proximité de la statistique avec le fonctionnement régalien, même si elle est en quelque sorte originelle<sup>2</sup>, n'expose-t-elle pas les statisticiens ? Dans l'absolu, être pourvoyeur d'informations auprès de toute forme de pouvoir n'est pas sans risque pour celui qui est porteur de mauvaises nouvelles. On devine l'inconfort du statisticien qui, dans une entreprise, va annoncer à son patron que les tests opérés sur les produits fabriqués doivent conduire, en toute rigueur de probabilité, à mettre au rebut un certain nombre de lots. Mais cela n'est rien en



comparaison du statisticien qui travaille pour l'acteur nanti de tous les pouvoirs, à savoir l'État ! Servir le Prince n'est jamais de tout repos. Les organisateurs du recensement de la population de 1937 en URSS connurent le Goulag pour avoir produit des chiffres de population inférieurs à ceux que Staline espérait. Actuellement en Argentine, les statisticiens publics désireux de calculer convenablement l'évolution des prix à la consommation se voient poursuivre par un gouvernement soucieux d'afficher un taux d'inflation bien inférieur à ce qu'il est en réalité. En matière d'élections aussi, des exemples existent. L'institut national de statistiques (INS) de Côte-d'Ivoire, chargé en 2008 de procéder au recensement électoral préalable aux élections futures, sera soupçonné par une partie de la population d'avoir pris parti dans le différend Gbagbo - Ouattara.

Il n'est donc pas anodin de confier au statisticien des responsabilités en matière électorale. Peu de pays semblent l'avoir fait, la solution la plus généralement adoptée étant la mise en place d'une Commission nationale électorale en principe indépendante du pouvoir politique, chargée de l'ensemble des opérations de préparation et de contrôle des élections. Pourtant, par delà les aléas du métier, il y a de la grandeur pour la profession statistique à être reconnue apte, tant par son habitude des comptages que par la rigueur et l'impartialité de ses définitions et de ses concepts, à contribuer au bon ordre de l'acte électoral, qui est au cœur de la démocratie.



## Encadré 1 : La gestion des listes électorales en France

En France, les listes électorales tenues par les communes sont mises à jour à partir d'un fichier central dont la gestion a été confiée par la loi<sup>3</sup> à l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) au lendemain de la deuxième guerre mondiale<sup>4</sup>.

L'Insee est responsable du fichier général des électeurs, à partir duquel il s'assure qu'aucun électeur n'est inscrit simultanément sur deux listes. En effet, toute personne voulant se faire inscrire sur la liste électorale d'une commune doit demander son inscription avant le 31 décembre pour pouvoir voter dans cette commune dès l'année suivante. Sa demande est examinée par une commission administrative de la commune<sup>5</sup>. Si elle est acceptée, l'Insee en est informé, ainsi que des éventuelles radiations prononcées par la commune. Il est ainsi en mesure d'informer la précédente commune d'inscription du départ de l'électeur et de lui en demander la radiation. L'Insee transmet aussi aux communes les pertes de capacité électorale<sup>6</sup>, les décès survenus hors des communes d'inscription et les inscriptions à l'étranger, toutes informations qui lui parviennent des communes et de différents ministères.

numéro d'ordre	NOMS ET PRÉNOMS	LIEU de LA NAISSANCE	DATE de LA NAISSANCE	QUALIFICATION	DEMEURE
55	Yvesard abraham	Oran	6 mars 1877	habitant par	Palikao
56	Georges Lion	St. Rémy de la Rivière	25 août 1876	cultivateur	
57	Gravon Alfred	Oran	22 mai 1879	propriétaire	
58	Gravon Eugène		1882		
59	Blanc Jean Louis	St. Rémy de la Rivière	17 juillet 1870	cultivateur	
60	Blanc abraham	Oran	1881	commerçant	

Liste des électeurs de Palikao, Algérie, 1909. CAOM. P.Povoa.

COMMUNE		LISTE ELECTORALE		SECTION DE BUREAU	
PALISSY		Général de 1928			
NOMS ET PRÉNOMS	DATE de LA NAISSANCE	DATE de LA NAISSANCE	QUALIFICATION	SECTION	COMMUNES
ARCEL Joseph		1900	J. CULTIVATEUR	PALISSY	
BOUDEL Jean		1904	60	60	
AMRICH Jean Louis		1879	60	60	
BRANDY Jacques		1876	J. CULTIVATEUR	60	
AVALLONEDA Augustin		1880	J. CULTIVATEUR	60	

Liste des électeurs de Palissy, 1928. CAOM. P.Povoa.

En outre, dans le cadre de l'inscription d'office sur les listes électorales des jeunes atteignant 18 ans entre le 1er mars et la veille du scrutin de l'année suivante, et après avoir vérifié leur aptitude à être électeurs, l'Insee adresse aux communes les listes de jeunes qui lui viennent du ministère de la défense<sup>7</sup>. Les inscriptions correspondantes seront prononcées après validation par la commission administrative de la commune. Chaque année, l'Insee doit aussi communiquer aux communes la liste des électeurs pouvant voter hors de France afin qu'elles puissent les identifier lors des élections et que l'unicité de leur vote soit assurée.

Avec les communes et l'Insee, les préfetures sont le troisième acteur dans la gestion des listes électorales.

Elles sont informées par l'Insee des demandes de radiation adressées aux communes de leurs départements ainsi que des irrégularités constatées dans les inscriptions. Elles peuvent ainsi faire procéder aux rectifications nécessaires sur les listes électorales et saisir le parquet en cas d'infraction aux lois pénales.

Ces précisions apportées, il doit être clair que le contenu des listes électorales reste de la responsabilité des maires, sous le contrôle du représentant de l'Etat. L'Insee fournit les informations utiles à la bonne tenue des listes mais il ne peut rien imposer et ne joue aucun rôle actif en matière de contentieux électoral.

## Encadré 2 : A la Libération, les députés choisissent l'Insee pour gérer le fichier électoral

Le législateur de 1946 a donc confié aux statisticiens publics le soin de gérer un instrument essentiel du contrôle des élections. On peut s'en étonner eu égard à la faible estime en laquelle les Français tenaient la statistique au sortir de la guerre et de l'Occupation. En effet, ces années avaient été marquées par l'accumulation des dénombrements économiques et démographiques de toutes sortes. Inférieurs à 1 000 en 1940, les effectifs de la statistique publique avaient culminé à plus de 7 000 sous le régime de Vichy avec le Service national des statistiques (SNS) ; ils retombèrent à moins de 3 000 dans les années cinquante. Malgré la montée en régime de la comptabilité nationale et de la planification, les moyens de l'Insee – qui avait repris les fonctions du SNS en 1946 – furent chichement accordés jusqu'en 1960.

Cela dit, au sortir de la guerre, les listes électorales étaient dans un triste état puisqu'elles n'étaient plus tenues à jour depuis 1939 et les procédures de gestion étaient jugées insuffisantes. A quoi s'ajoutait la nécessité d'intégrer un nombre massif de nouveaux électeurs (en particulier, plus de 13 millions de femmes !). L'exposé des motifs du projet de loi<sup>8</sup> soumis à l'Assemblée constituante mentionne : « *Justement ému de cette situation, le ministre de l'intérieur s'est préoccupé d'organiser un contrôle des inscriptions sur les listes électorales, contrôle qu'il a confié au service national des statistiques devenu depuis l'Institut national des statistiques et des études économiques*<sup>9</sup> ».

Le texte apporte deux précisions importantes :

« Auxiliaire des municipalités, le service de la statistique n'empiétera cependant pas sur leurs attributions ou leurs prérogatives puisque c'est toujours aux services communaux qu'il appartiendra en définitive d'opérer toutes les inscriptions ou radiations nécessaires. [...] la décision finale demeurera réservée aux commissions municipales et en appel au juge de paix ».

De même, on peut lire dans l'exposé des motifs : « *Il faut noter que l'Institut national de la statistique ne se substituera en aucune manière à l'autorité judiciaire chargée de déterminer la capacité ou l'incapacité des condamnés puisque seuls les greffiers auront à apprécier s'ils doivent ou non adresser le duplicatum [du bulletin numéro 1 du casier judiciaire] prévu ci-dessus.* ».

Lorsque le projet a été examiné par la Commission compétente de l'Assemblée<sup>10</sup>, il a été noté que le contrôle dévolu à l'Insee aurait pour objet de « *déceler le maintien, sur les listes, d'électeurs décédés et, également, le maintien ou l'inscription d'électeurs privés du droit de vote, ainsi que l'inscription sous une fausse identité et les inscriptions multiples* ». Le projet de loi a été adopté en séance le 23 août 1946 d'une manière très consensuelle puisqu'aucun des articles n'a donné lieu à aucune discussion. On peut présumer que l'absence de toute joute politique sur le sujet tenait à deux éléments de nature technique : l'impérieuse nécessité d'améliorer la qualité des listes électorales et l'existence à l'Insee du répertoire national d'identification des personnes physiques créé en 1941 par le SNS à partir des registres de naissance de l'état civil conservés par les greffes des tribunaux.

### Encadré 3 : La conduite des élections fédérales en Allemagne

En Allemagne, les élections au Bundestag sont régies par des textes qui couvrent l'ensemble du processus allant de la préparation des élections jusqu'à l'adoption des mandats signant l'appartenance d'un élu au Bundestag allemand. La loi prévoit la supervision de ces élections par des organes qui ne sont pas des autorités ou des organismes publics fédéraux, mais des institutions indépendantes. Ainsi, le « Bundeswahlleiter », c'est-à-dire le superviseur fédéral de l'élection, est l'autorité compétente pour l'ensemble de la conduite des élections. Lui et son adjoint sont nommés par le ministre fédéral de l'Intérieur pour une durée indéterminée.

C'est le président de l'Office statistique fédéral qui est nommé « Bundeswahlleiter ». Son adjoint est le vice-président de ce même Office. La tradition est ancienne puisque déjà, pour les élections au Reichstag, c'était le président de l'office statistique du Reich qui était « Reichswahlleiter ». Certes, ce n'est pas l'office statistique qui se voit attribuer la mission de « Bundeswahlleiter », mais son président. La distinction est importante mais le choix du président est fait, de toute évidence, pour des raisons tenant à ses missions et ses capacités techniques et à l'image de neutralité politique de la statistique fédérale.



Les missions du « Bundeswahlleiter » sont étroitement liées à l'activité de tous les autres organes responsables du déroulement des élections fédérales. Au niveau fédéral, la Commission électorale, présidée par le Bundeswahlleiter, est constituée de représentants désignés par les partis politiques et que le président accepte comme assesseurs. Un « Landeswahlleiter » et une commission électorale sont mis en place dans chaque Land, de même qu'un « Kreiswahlleiter » et une commission électorale de Kreis pour chaque circonscription électorale (Kreis). Le dispositif est complété par la désignation d'un directeur d'élection et d'un comité directeur électoral pour chaque secteur électoral, indépendamment des instances appelées à déterminer les résultats du vote par correspondance dans chaque circonscription électorale.

La préparation pratique d'une élection fédérale repose sur les « Landeswahlleiter » et les municipalités, qui sont responsables de l'élaboration des listes électorales, de la mise en place des bureaux de vote et de l'engagement des membres des comités directeurs électoraux.

Les responsabilités du « Bundeswahlleiter » sont étendues : il met en place la Commission électorale fédérale et la préside ; il proclame la décision de la Commission stipulant quels partis et associations sont admis pour l'élection ; il suit des décisions des commissions électorales de Kreis sur l'approbation ou le rejet des candidatures de circonscription avec le droit de faire appel devant la commission électorale de Land ; il instruit les plaintes contre les décisions des commissions électorales de Land ; il établit la liste des candidats sélectionnés ; il contrôle l'inscription sur les listes électorales des Allemands résidant à l'étranger ; il suit l'exécution de l'élection, participe à la résolution des questions juridiques et organisationnelles qui accompagnent celle-ci et examine la régularité de l'élection avec le droit de soulever une contestation dans le procédé de certification des résultats. Pour couronner l'édifice, le « Bundeswahlleiter » détermine et

annonce le résultat général provisoire des élections, prépare la déclaration par la Commission électorale fédérale des résultats définitifs par Land, communique aux « Landeswahlleiter » la liste des élus par Land et annonce les résultats définitifs des élections pour l'ensemble du territoire électoral.

Le « Bundeswahlleiter » n'a pas autorité sur les autres organes électoraux mais il exerce ses fonctions de coordination et de contrôle par des discussions avec les « Landeswahlleiter » et les « Kreiswahlleiter ». Il travaille en étroite collaboration avec le ministère fédéral de l'Intérieur responsable de la loi électorale et avec le ministère des affaires étrangères pour la participation des Allemands de l'étranger. Il a en outre une fonction de conseil auprès des partis et associations sur leurs droits politiques constitutionnels.

Par ailleurs, depuis la loi sur les partis de 1967, ceux-ci communiquent leurs statuts, leur programme et les noms de leurs membres éminents au « Bundeswahlleiter », qui vérifie que ces documents sont en conformité avec la loi sur les partis politiques.

Après l'élection, le « Bundeswahlleiter » n'est pas au bout de ses peines. Il doit être présent sur trois fronts : d'abord, il doit contrôler la régularité du scrutin. Il peut se faire communiquer à cet effet tous les documents électoraux et la loi lui permet de faire appel de la validité de l'élection auprès du Bundestag. Ensuite, le « Bundeswahlleiter » et son équipe (un bureau de moins de vingt personnes) préparent la séance de la Commission électorale fédérale au cours de laquelle, deux semaines environ après l'élection, les résultats définitifs sont proclamés. Enfin, il est entendu – cette fois en tant que président de l'Office fédéral de la statistique – par la Commission des circonscriptions électorales. Celle-ci vérifie, après chaque élection, si des changements de circonscriptions doivent intervenir et fait éventuellement des propositions de redécoupage. Son rapport, rendu public, est remis au ministre fédéral de l'intérieur qui le communique au Bundestag.

Non seulement les résultats des élections législatives, mais aussi les candidats et les élus, font l'objet d'une analyse statistique détaillée par l'Office fédéral de la statistique et les offices statistiques des Länder. Le principal objectif est de retracer la façon dont les votes du public pour les partis se sont réalisés dans les Länder et les régions. L'Office fédéral de la statistique publie ces informations et le « Bundeswahlleiter » est présent sur l'Internet, à l'adresse [www.bundeswahlleiter.de](http://www.bundeswahlleiter.de), pour donner de nombreuses informations générales sur les élections au Bundestag ainsi que des explications, définitions et concepts pertinents, et présenter les textes applicables.

## Références

1. L'Allemagne dispose de registres de population gérés au niveau communal.
2. Le mot statistique est un emprunt (daté de 1771 semble-t-il) au latin moderne *statisticus* « relatif à l'Etat » (1672), formé à partir de l'italien *statistica* (1633), dérivé de *statista* « homme d'Etat », lui-même dérivé de *stato*, du latin classique *status* (état). L'allemand *Statistik* apparaît en 1752 et l'anglais *statistics* en 1798.
3. Loi n° 46-1889 du 28 août 1946 relative au contrôle des inscriptions sur les listes électorales et à la procédure des inscriptions d'urgence
4. Sous la conduite du département de la démographie, cette gestion est assurée par quelques dizaines de personnes réparties sur neuf sites eux-mêmes coordonnés par un pôle à Nantes.
5. Commission composée du maire, d'un délégué de l'administration et d'un délégué choisi par le tribunal de grande instance.
6. Mises sous tutelle, condamnations privatives des droits civiques et pertes de nationalité française.
7. Depuis 1997, le ministère de la défense collecte des informations relatives aux jeunes lors des trois journées « Défense et citoyenneté »
8. Projet n° 398 déposé sur le bureau de l'Assemblée nationale constituante le 8 juillet 1946
9. Au 1er juin 1946, sur 24 612 393 électeurs inscrits, l'Insee avait reçu pour vérification 14 222 252 fiches manuelles établies par les communes.
10. Commission de l'Intérieur, de l'Algérie et de l'administration générale, départementale et communale

## Bibliographie

Insee - "Etude sur le fichier général des électeurs" - supplément avril-juin 1950 du Bulletin mensuel de statistique  
Insee - "Pour une histoire de la statistique", tome II - "Le répertoire d'identification des personnes physiques", paragraphe "Gestion du fichier électoral" (pages 60-61) - J.Desabie et M. Hayoun  
Insee - Le fichier électoral : <http://www.insee.fr/fr/publics/default.asp?page=collectivites/fichier-electoral.htm>  
<http://www.bundeswahlleiter.de/en/index.html> - Election fédérale 2005 en Allemagne : Les missions du « Bundeswahlleiter »  
(Bundestagswahl 2005: Die Aufgaben des Bundeswahlleiters) - Doreen Namislo

# Les vins de Loire du cépage Chenin ont-ils un goût identifiable ?

Jérôme Pagès et François Husson

Même la dégustation des vins gagne à être soumise à l'analyse statistique ! Lors d'une évaluation sensorielle de dix vins par douze professionnels, on a demandé à chaque dégustateur de fournir, pour chaque vin, quelques mots le caractérisant. L'analyse des correspondances permet de synthétiser les associations entre mots et vins et ouvre la voie aux interprétations de ces avis d'experts.

Cette étude s'inscrit dans une recherche sur la typicité des vins provenant du cépage Chenin en Val de Loire<sup>1</sup>. L'angle adopté ici est de situer la variabilité des chenins au sein de la variabilité des vins blancs du Val de Loire. Pour cela, il a été décidé de confronter des chenins à des vins issus de l'autre grand cépage blanc du Val de Loire, le Sauvignon. Cette confrontation repose sur la caractérisation de ces vins par un ensemble de dégustateurs. L'hypothèse est que la diversité des caractérisations obtenues correspond à la différence de cépage.

Concrètement, dix vins blancs secs de Touraine, cinq Touraine AOC, issus du cépage Sauvignon, et cinq Vouvray AOC, issus du cépage Chenin (cf. Tableau 1) ont été choisis par J.P. Gouvazé (Interloire, Tours), la demande étant d'illustrer la diversité, au sein de chaque cépage, des vins de Loire. Remarquons qu'il y a une confusion totale (au sens de la planification expérimentale) entre l'appellation et le cépage. Par la suite, pour simplifier, nous ne parlerons que du facteur cépage.



**Tableau 1. Les dix vins étudiés.**

Numéro	Nom	Cépage	Appellation	Remarque
1	Michaud	Sauvignon	Touraine	
2	Renaudie	Sauvignon	Touraine	
3	Trotignon	Sauvignon	Touraine	
4	Buisse Domaine	Sauvignon	Touraine	
5	Buisse Cristal	Sauvignon	Touraine	
6	Aubuissières Silex	Chenin	Vouvray	7g de sucres résiduels
7	Aubuissières Marigny	Chenin	Vouvray	élevage en fût
8	Fontainerie Domaine	Chenin	Vouvray	
9	Fontainerie Brûlés	Chenin	Vouvray	
10	Fontainerie Coteaux	Chenin	Vouvray	élevage en fût

Les données analysées ici proviennent d'une dégustation rassemblant douze professionnels auxquels il était demandé, pour chaque vin, de donner un (ou plusieurs) mot(s) qui caractérisai(ent) bien sensoriellement chaque vin. Comme il est d'usage, la dégustation a eu lieu « à l'aveugle », les vins étant présentés sans aucune indication. Toutefois, cette dégustation ayant eu lieu lors d'un Salon des vins de Loire, les dégustateurs étaient fondés à penser qu'il s'agissait de vins de Loire même si cela ne leur a pas été dit ; mais la diversité des vins de Loire, du point de vue des terroirs, des cépages et des pratiques viti-vinicoles, autorise à penser que ce niveau d'information très général sur l'ensemble des vins est sans effet sur les caractérisations relatives des vins.

## Les vins et les mots

Il s'agit donc en quelque sorte d'un questionnaire comportant dix questions ouvertes (une par vin). Ces données sont rassemblées dans un tableau dont les lignes sont les vins, dont les colonnes sont les mots et dont le terme général  $x_{ij}$  est le nombre de fois que le mot  $j$  a été associé au vin  $i$  (cf. Tableau 2).

**Tableau 2.**

Tableau des données : nombre de fois que chaque mot a été utilisé pour chaque vin (30 mots).

	Fruité	Sucré, doux, liquoreux	Bois, boisé	Léger, souple	Acidité	Agrume	Jaune doré	Vif	Aromes fruités	Fin, discret	Amertume	Floral	Gras, manque de fraîcheur	Jaune pâle, clair	Frais	Long en bouche, persistant	Floral, fleurs blanches	Sec	Intense, ample	Miel	Nez fermé, faible	Ouvert, expressif	Bonne expression aromatique	Goût étranger (cire, pneu)	Goût vert	lode	Peu d'acidité	Peu de caractère, d'expression	Sauvignon	Odeur soutenue	Somme
1S-Michaud	1	0	1	1	1	2	2	2	2	0	1	0	0	1	1	1	2	0	1	0	0	2	1	0	2	1	1	0	1	1	28
2S-Renaudie	5	1	0	0	0	3	0	3	1	2	1	1	0	2	2	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	27
3S-Trotignon	5	1	0	2	1	1	0	0	2	1	0	2	0	2	2	1	1	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	1	0	26
4S-Buisse	3	0	0	2	2	1	1	1	1	4	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	23
5S-BuisseCristal	4	0	2	1	1	1	0	3	0	0	0	2	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	2	22
6C-AubSilex	0	11	0	2	0	0	1	1	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	26
7C-AubMarigny	1	1	7	0	2	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	1	1	0	0	3	0	0	0	2	0	0	1	26
8C-FontDomaine	4	2	0	0	1	3	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	21
9C-FontBrûlés	3	1	1	4	2	0	2	0	1	1	2	1	2	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	26
10C-FontCoteaux	1	1	5	0	1	0	2	0	0	0	3	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	20
Somme	27	18	16	12	11	11	11	11	9	9	8	8	8	8	7	7	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	245

L'objectif de l'analyse d'un tel tableau est d'étudier la liaison qu'il y a entre les mots d'une part et les vins d'autre part. S'il n'y a pas de liaison, alors les mots sont utilisés indifféremment selon les vins : concrètement, dans ce cas, les lignes du tableau sont à peu près identiques (le nombre de mots par vin est presque constant, cf. plus loin) et les colonnes sont proportionnelles. Dans le cas contraire, la présence d'une liaison signifie qu'il y a des associations privilégiées entre certains mots et certains vins. Ce sont ces associations que nous cherchons à mettre en évidence de façon synthétique.

Ce type de tableau est fréquemment constitué et une méthode adaptée à son analyse est l'Analyse des Correspondances (historiquement, la première analyse des correspondances publiée, dans la thèse de Brigitte Escofier en 1965, portait sur un tableau analogue). Mais d'habitude on dispose d'effectifs beaucoup plus importants. Nous sommes ici dans des conditions limites du fait d'un nombre total d'occurrences ( $n=245$ ) très faible. Néanmoins, l'analyse est possible du fait du vocabulaire plutôt stéréotypé des professionnels du vin, ce qui conduit à un nombre total de mots pas trop élevé et donc un nombre « suffisant » de mots présentant un effectif pas trop faible. En outre, en préalable à l'analyse, quelques mots « voisins » ont été regroupés

(par exemple sucré, doux et liquoreux qui renvoient à la même perception, celle de la saveur sucrée). Dans ce texte, dans un souci de simplification, nous gardons le terme « mot » pour les colonnes du tableau 2 même lorsqu'elles représentent des groupes de mots figurant tels quels dans les questionnaires (e.g. manque de fraîcheur) ou issus d'un regroupement a posteriori (sucré, doux).

Dans ce type d'analyse, on élimine les mots les moins utilisés. Compte tenu des faibles effectifs, la limite a été fixée à 4, seuil en dessous duquel les mots ne sont pas pris en compte. La détermination de ce seuil revêt toujours un caractère empirique : avec ces données, mettre le seuil à 5 ne change pas fondamentalement la représentation des vins mais prive de mots importants (par exemple « Sauvignon ») et le seuil de 3 conduit à des graphiques très chargés, qui plus est de mots dont la position sur le plan est fragile.

L'objectif principal de cette analyse est de fournir une image synthétique de la diversité de ces vins. Mais cette étude présente aussi un caractère méthodologique : est-il possible d'obtenir avec un protocole très simplifié (les dégustateurs ne sont pas entraînés ensemble ; ils utilisent leur propre vocabulaire) une image intéressante de la diversité des vins ?

### « Fruité » est le mot le plus utilisé

L'examen des marges (sommes des nombres d'une même ligne ou d'une même colonne) est important à la fois du point de vue de leur interprétation directe (quels sont les mots les plus utilisés? Certains vins font-ils l'objet de commentaires plus nombreux que d'autres?) et de celui de leur influence en analyse des correspondances (les mots les plus utilisés auront un poids plus important dans l'analyse).



Le mot le plus utilisé est « fruité » ce qui est en phase avec l'observation courante de commentaires de dégustation (pour s'en convaincre lire la contre-étiquette de n'importe quelle bouteille : il est difficile d'échapper au « merveilleux fruité » ...). Vient ensuite, l'ensemble {sucré, doux, liquoreux}. Rappelons que ces vins sont secs et une perception de sucré est de facto une caractéristique remarquable. Enfin, la perception de bois, associée à un élevage en fût, est bien identifiée par les professionnels, ce qui favorise l'apparition d'une fréquence de citation élevée (par opposition à une odeur facilement perçue mais non reconnue qui engendre des mots différents selon les dégustateurs). Sur le plan technique, du point de vue de l'analyse des correspondances, les mots auront, à profil égal, un poids d'autant plus important qu'ils ont été fréquemment cités, ce qui est souhaitable.

En revanche, les nombres de mots par vin semblent homogènes. Aucun vin ne semble attirer plus de commentaires que d'autres, ce qui est sans doute une conséquence (souhaitée) de la forme de la question posée (« Pour chaque vin, donner un ou quelques mots... »). Par acquis de conscience, on peut tester l'égalité du nombre de mots utilisés par vin grâce à un test d'ajustement des dix effectifs observés (dernière colonne du tableau 2) à une loi uniforme. La probabilité critique (0.97) confirme qu'il ne faut pas accorder d'attention aux différences entre les effectifs des mots par vin. Du point de vue de l'analyse des correspondances, on

peut considérer que les vins auront, à profil égal, à peu près la même influence dans l'analyse. Lorsque le nombre de mots par vin est différent, l'analyse accorde à un vin un poids d'autant plus important qu'il a fait l'objet de nombreux commentaires (son profil est mieux connu).

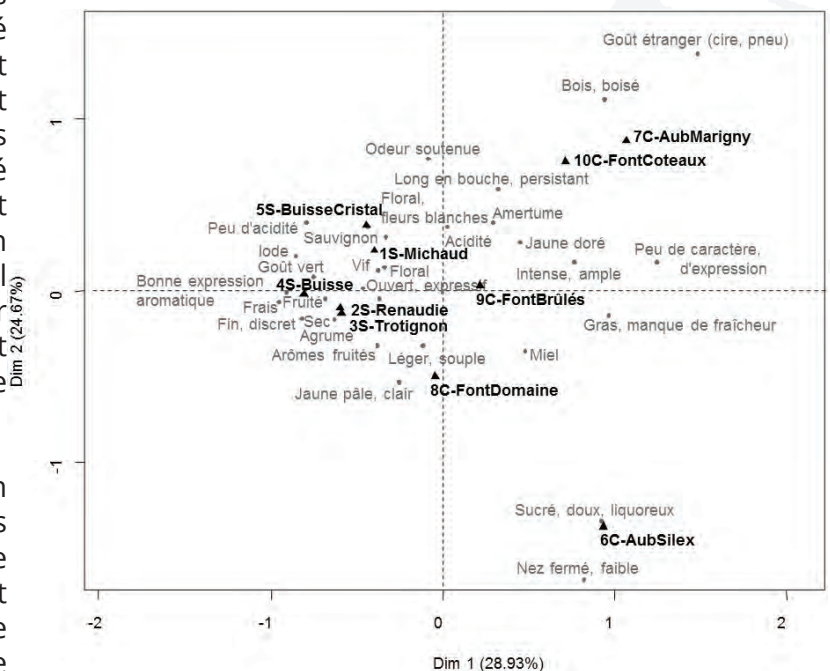
### Les mots choisis permettent-ils de caractériser les vins?

Sans entrer dans les détails techniques, il existe un test statistique (le test du Chi<sup>2</sup> d'indépendance) indiquant si la structure des données (c'est-à-dire ici l'association des mots et des vins) peut être considérée comme le produit du hasard ou si, au contraire, il existe des associations entre mots et vins suffisamment fortes pour mériter l'attention. Bien que nous ne soyons pas dans les conditions d'application du test du Chi<sup>2</sup> d'indépendance, nous donnons la décision du test à titre d'indication. Ici ce test est positif : le tableau mérite l'attention. Remarquons que, pour qui connaît la diversité entre les vins de Loire (surtout compte tenu du fait que ces vins ont été choisis pour illustrer cette diversité), la liaison entre les mots et les vins est attendue. La question « posée au test statistique » n'est pas tant celle de l'existence d'une liaison que celle de l'aptitude d'un ensemble de données aussi restreint à mettre en évidence cette liaison. De toutes façons, vu le petit nombre de données il convient d'être prudent dans l'interprétation (ce qui concrètement veut dire : retours fréquents aux données brutes et mise en relation avec des informations extérieures aux données).

### Les vins et les mots dans un même plan

L'analyse des correspondances est une méthode exploratoire qui fournit une représentation superposée des vins et des mots. La lecture de ce graphique peut être décomposée en trois étapes : 1) en regardant uniquement les positions des vins, deux vins sont proches sur le graphe s'ils sont caractérisés de la même façon par les dégustateurs, autrement dit par les mêmes mots. Deux vins sont éloignés s'ils sont caractérisés par des mots différents. 2) en regardant uniquement les mots, deux mots sont proches s'ils sont utilisés pour caractériser les mêmes vins et ils sont éloignés s'ils sont utilisés sur des vins différents. 3) en regardant simultanément les vins et les mots, on s'intéresse aux associations entre les vins et les mots. Globalement un vin apparaît du côté des mots auxquels il est souvent associé et éloigné des mots auquel il est rarement associé. Symétriquement, un mot apparaît du côté des vins auxquels il est souvent associé et à l'opposé des vins auquel il est rarement associé. Le plan de représentation proposée par l'analyse est optimal dans le sens où c'est le meilleur plan possible pour visualiser et résumer l'information contenue dans le jeu de données.

Le pourcentage d'information associé au plan montre dans quelle mesure celui-ci représente les données. Ici, le pourcentage est de 53.6% ; on peut considérer ce pourcentage comme élevé compte tenu du contexte : avec ce plan, on représente la moitié de la diversité des mots associés aux vins.



**Figure 1.** Représentation des mots et des vins fournie par l'analyse des correspondances du tableau 2.



Dans la représentation des vins (figure 1), on peut distinguer trois pôles :

Aubuisnières Silex (n°6), caractérisé par sucré, cité 11 fois pour ce vin; ce vin est le seul à contenir du sucre résiduel à une concentration nettement perceptible; cette caractéristique, inhabituelle (mais autorisée) dans un vin sec, ressort nettement en ce sens qu'elle est relativement peu citée pour les autres vins (7 fois mais jamais plus de 2 fois pour un même vin) et qu'elle constitue plus du tiers des mots associés à ce vin. Le graphique met plus en avant le faible nez de ce vin; mais ce terme n'étant cité que 3 fois pour ce vin, nous ne lui accordons qu'une seconde place (en outre, cette caractéristique est plutôt une absence de caractéristique, donc moins évocatrice; nous y reviendrons).

Aubuisnières Marigny (n°7) + Fontainerie Coteaux (n°10). Ces deux vins sont caractérisés principalement par bois, boisé, cités respectivement 7 et 5 fois pour chacun, ce mot n'étant utilisé que 3 fois par ailleurs. Cette description est évidemment à relier avec le fait que ces deux vins sont les seuls à avoir subi un élevage en fût. D'après le plan, goût étranger caractérise mieux ces vins, mais nous ne le citons qu'en second du fait de sa faible fréquence de citation (4), même si ce terme n'a été cité que pour ces deux vins. Remarquons au passage que l'effet de l'élevage en fût, dans l'ensemble plutôt recherché par la profession, n'engendre pas que des caractéristiques positives.

Les cinq Touraine (Sauvignon ; n° 1 à 5). Pour ces vins, les caractérisations sont moins évidentes. Citons bonne expression aromatique, frais, agrume, fin, discret qui sont en phase avec la classique image du Sauvignon, selon laquelle ce cépage conduit à des vins frais très aromatiques. Ajoutons à cela deux caractéristiques « en creux » : manque de fraîcheur (resp. peu de caractère...), cité uniquement pour les Chenins (8 fois ; resp. 4 fois).

Une fois ces trois pôles établis, on peut chercher à qualifier les axes. Le premier axe (horizontal), principale information du jeu de données, sépare les Sauvignons (à gauche) des Chenins (à droite) sur une base de fraîcheur et d'expression aromatique. Le second axe (vertical), information indépendante du premier axe, oppose les Chenins passés en fût (à goût boisé ; en haut) à celui présentant du sucre résiduel (au goût sucré ; en bas). Il différencie les Chenins entre eux, sans s'intéresser à une opposition Sauvignon – Chenin.

Ces grandes lignes étant établies, le mot nez faible utilisé pour les seuls vins 6 et 8 apparaît bien à sa place, c'est-à-dire loin des vins aromatiques, que ces arômes soient ceux du Sauvignon ou induits par le passage en fût.

Finalement, ce plan propose une image des vins blancs du Val de Loire selon laquelle les Sauvignons sont homogènes et les Chenins divers. Ce qui, in fine, pourra être traduit de différentes façons, non contradictoires :

il n'est qu'une seule façon de faire du Sauvignon et de nombreuses façons pour faire du Chenin ;

les viticulteurs « travaillent » plus leur Chenin, cépage blanc noble de la Touraine, en essayant divers itinéraires techniques.

Disant cela, nous sortons de notre rôle de statisticiens, mais nous avons voulu évoquer quelques façons dont l'utilisateur final peut s'approprier les résultats.

## Une image fiable

Il est ainsi possible d'obtenir, pour un ensemble de vins, une image fiable des associations entre ces vins et les mots qu'ils évoquent chez des goûteurs experts. La fiabilité est suggérée ici par les relations claires entre les « descriptions » sensorielles et les informations « externes » disponibles concernant le cépage et l'élevage (en fût ou non). Ce résultat est obtenu avec un protocole très allégé (une seule séance) comparé au protocole usuel, grâce à l'Analyse des Correspondances qui fournit une représentation plane de l'espace des vins, représentation assez facile à interpréter.

## Référence

1. Recherche initiée par C. Asselin, Interloire (Interprofession des Vins du Val de Loire) Angers et réalisée à Agrocampus, Rennes (école d'agronomie et d'agroalimentaire)

## Bibliographie

Escofier B. & Pagès J. (2011). Analyses factorielles simples et multiples : objectifs, méthodes et interprétation. Dunod, 4e édition, Paris.

Husson, F., Lê, S. & Pagès, J. (2009). Analyse de données avec R. Presses Universitaires de Rennes.

Lebart L., Piron M. & Morineau A. (2006). Statistique exploratoire multidimensionnelle: visualisation et inférence en fouilles de données. Dunod, 4e édition, Paris.

# Avènement du règne de PISA

Jean-François Royer

SFdS

En 1989, deux sociologues français<sup>1</sup> publiaient sur l'éducation un livre au titre frappant : « Le niveau monte ». Leur thèse, qui fut très influente dans les années 1990, reposait essentiellement sur un argument statistique : l'enseignement secondaire a été démocratisé, et cela a augmenté le niveau moyen d'études de la population. Le nombre moyen d'années d'études a augmenté, et il y a de plus en plus de diplômés. Cet argument n'est convaincant que si les connaissances et les compétences acquises à chaque niveau d'étude et sanctionnées par chaque diplôme restent bien constantes. En est-on sûr ? Un doute subsistait donc, que seules des mesures directes du niveau d'éducation pouvaient trancher.

Depuis vingt ans, on a vu se multiplier les enquêtes dont c'est l'objectif. Certaines concernent les adultes : en France, la série des enquêtes « Information et vie quotidienne » de l'Insee en collaboration avec d'autres organismes (2004, 2011) cherche à mesurer les compétences des adultes à l'écrit, en calcul et en compréhension orale. Mais le niveau d'éducation des adultes résulte de l'ensemble de leur histoire individuelle, bien au-delà de leur temps d'études. C'est pourquoi la plupart des enquêtes portent sur les élèves. Le ministère de l'Éducation nationale a mis en place depuis 2003 le cycle des évaluations disciplinaires « CEDRE<sup>2</sup> » réalisées sur échantillons en CM2 et en 3<sup>ème</sup>. Au niveau international, c'est l'OCDE<sup>3</sup> qui organise depuis 2000 tous les trois ans l'enquête « PISA » Programme international pour le suivi des acquis des élèves. En 2009, « PISA » a évalué les compétences de 450 000 élèves de 15 ans dans 65 pays<sup>4</sup>, et son champ géographique ne cesse d'augmenter, au-delà même des pays de l'OCDE. Toutes ces enquêtes mesurent, pour un niveau donné dans le cursus des études ou pour un âge bien précis des élèves, les connaissances ou les compétences acquises, avec des épreuves standardisées et stables d'une enquête à la suivante.

En dix ans, après une importante et longue controverse, « PISA » est devenu incontournable dans les débats publics sur l'éducation. Deux résultats de la France sont cités à de multiples reprises : le niveau moyen de compétence des élèves français est proche de la moyenne des pays de l'OCDE ; depuis dix ans, on constate un certain recul de ce niveau moyen, dû à l'importance croissante du groupe des élèves « très peu compétents ». Ce deuxième constat est d'ailleurs confirmé par les enquêtes françaises.

Pour qui veut réfléchir à l'utilisation des statistiques dans la société, « PISA » est un exemple fascinant. Il faut se pencher sur la méthodologie de ces enquêtes, comme d'ailleurs sur celle des enquêtes nationales, pour apprécier comment l'objectif de mesure chiffrée comparable dans le temps et dans l'espace impose de prendre de la distance par rapport aux cultures nationales, et fait émerger un concept de « compétences » acceptable partout : il ne s'agit de rien de moins que de « définir le bagage intellectuel souhaitable pour un élève de 15 ans dans le monde du XXI<sup>ème</sup> siècle »<sup>5</sup>, que cet élève vive à Singapour, à New-York ou à Paris. L'histoire de la réception de ces enquêtes est également du plus haut intérêt : les « leaders d'opinion » sont passés en moins de dix ans « de l'indifférence à la référence obligée »<sup>6</sup>. Et que penser des explications à donner aux différences et aux évolutions que révèlent ces enquêtes ? Beaucoup de commentateurs sautent aux conclusions, et conseillent d'imiter les systèmes

éducatifs des pays dont les élèves réussissent le mieux aux tests PISA : c'est aller bien vite en besogne, tant ce qui réussit dans une culture donnée peut être profondément inadapté à un autre environnement.

Le Café de la statistique de janvier 2013 a permis aux participants d'entendre deux acteurs français impliqués dans l'évaluation du niveau d'éducation : Jean-Claude Émin, ancien secrétaire général du Haut conseil de l'évaluation de l'école, et Thierry Rocher, statisticien à la Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance du ministère de l'Éducation nationale. La discussion qui a suivi leurs interventions a mis en lumière les apports des enquêtes du type PISA, aussi bien que les interrogations qu'elles suscitent. Le compte rendu disponible sur le site de la SFdS [www.sfds.asso.fr](http://www.sfds.asso.fr), rubrique « Les Cafés de la statistique », retrace fidèlement les exposés et des débats, et fournit toutes les références bibliographiques nécessaires.

## Références

1. Christian Baudelot et Roger Establet
2. « Cycle des évaluations disciplinaires réalisées sur échantillons »
3. Organisation de Coopération et de Développement économique
4. En France, 4 300 élèves ont passé les tests PISA en 2009
5. Propos d'un participant au Café de la statistique
6. Selon l'expression de Jean-Claude Émin