

Société de Calcul Mathématique SA

*Outils d'aide à la décision*



Analyse critique de publications scientifiques

Rapport adressé à la

Ligue de Défense des Conducteurs

par la

Société de Calcul Mathématique SA

*ref. : notre proposition technique et financière du 20/04/2013, votre accord du 24/04/2013*

*Rédaction : Bernard Beauzamy, Olga Zeydina, Miriam Basso*

*mai 2013, v2 juillet 2013*

## Résumé Opérationnel

A la demande de la "Ligue de Défense des Conducteurs", nous avons analysé deux publications scientifiques, dont les références sont données plus loin ; ces publications cherchent à établir une relation entre les dispositifs de contrôle automatique de la vitesse (radars) et la réduction du nombre d'accidents sur la route.

Nous faisons également le lien avec une analyse d'un document du même type, que nous avons remise en 2011.

Notre analyse porte uniquement sur la validité de la méthodologie suivie par ces études ; les résultats qu'elles peuvent obtenir ne nous concernent pas.

Pour en évaluer la pertinence, nous commençons par rappeler les règles de base de la recherche scientifique, telles qu'elles ont été établies voici plusieurs centaines d'années. Ces règles de base concernent toute recherche scientifique ; elles s'appellent, en d'autres termes, honnêteté intellectuelle et bon sens.

Il y a notamment deux règles de base :

- Il faut, avant toute étude, faire la liste de l'ensemble des phénomènes pouvant influencer sur le résultat ; il est malhonnête de passer sous silence certains d'entre eux ;
- Un modèle, quel qu'il soit (c'est-à-dire une tentative d'explication), doit être validé sur des données différentes de celles qui ont permis de le fabriquer. Les lois de Kepler ne sont pas correctes parce qu'elles représentent une bonne approximation de l'orbite des planètes selon les mesures prises par Tycho Brahé, elles sont correctes parce qu'elles permettent une bonne estimation de la position des planètes en général.

Ces règles fondamentales, qui, redisons-le, relèvent de l'honnêteté intellectuelle, sont totalement ignorées dans les études citées en objet ; ces études sont entièrement dépourvues de validité scientifique.

## I. Introduction

Le présent rapport représente la réponse de la Société de Calcul Mathématique SA à la demande exprimée par la Ligue de Défense des Conducteurs : analyse méthodologique des documents :

- [1] An assessment of the safety effects of the French speed camera program, Laurent Carnisa, Etienne Blais, *Accident Analysis and Prevention* 51 (2013) 301– 309 ;
- [2] Fractions of fatal crashes attributable to speeding: Evolution for the period 2001–2010 in France, Vivian Viallona, Bernard Laumona, *Accident Analysis and Prevention* 52 (2013) 250– 256.

Nous faisons en outre le lien avec les conclusions que nous avons remises en 2011 à propos du document :

- [3] Impact du Contrôle Sanction Automatisé sur la Sécurité Routière 2003-2005, p. 43 à 46 et p. 67 et 68.

## II. Présentation du sujet

Le nombre d'accidents sur la route, et la mortalité qui leur est associée, diminuent constamment en France depuis 1973. En toute logique, trois classes de facteurs peuvent influencer sur le nombre d'accidents :

- La capacité des conducteurs, prise au sens large : connaissance des règlements, obéissance à ces règlements, attention, ébriété, somnolence, prise de drogues, etc.
- Les caractéristiques des véhicules, prises au sens large : tenue de route, dispositifs d'assistance à la conduite, anticipation de freinage, vitesse du véhicule, éclairage à partir du véhicule, etc. ;
- Les infrastructures, prises au sens large : qualité du réseau routier, dispositifs de signalisation, éclairage des routes, etc.

Une approche relevant de la logique formelle, à propos du problème "nombre d'accidents sur la route", tombe à l'évidence sur ce triplet : le conducteur, le véhicule, l'environnement de conduite. C'est de la logique et c'est du bon sens.

Les trois articles que nous citons mentionnent bien ces trois facteurs possibles, mais se contentent d'attribuer la réduction du nombre d'accidents à un seul d'entre eux : le comportement du conducteur, qui s'améliorerait du fait des mesures gouvernementales. Les autres facteurs sont totalement ignorés dans l'analyse, ce qui constitue une faute de logique majeure.

Ces articles constituent ce que l'on appelle en sciences une "étude épidémiologique". Bien sûr, les accidents de la route ne représentent pas une maladie contagieuse, mais le mot "épidémiologique" désigne une étude portant sur une population dans son ensemble, par opposition à une étude spécifique, portant sur un individu. C'est ainsi que l'influence de la sécheresse sur la mortalité relève aussi de l'épidémiologie, sans pour autant être contagieuse.

L'épidémiologie relève à l'évidence des probabilités, parce que le résultat n'est jamais certain, jamais déterministe : on n'est pas sûr d'avoir un accident, ni d'attraper une maladie. Elle devrait en outre obéir aux règles générales qui régissent la recherche scientifique.

Nous avons donc élaboré, de manière générale, une "grille d'analyse" des études épidémiologiques ; cette grille d'analyse est donnée en annexe. Elle a vocation à s'appliquer à toute étude épidémiologique – pas seulement celles qui ont trait aux accidents de la route. Elle permet de savoir si l'étude en question est conforme aux règles de base de la recherche scientifique.

### **III. Nos conclusions**

On constate, dans les cas qui nous occupent, qu'il n'en est rien :

- les facteurs pouvant intervenir sont ignorés : contradiction avec la règle 3 ;
- les modèles sont construits de manière complètement artificielle : contradiction avec la règle 5 ;
- ces modèles n'ont jamais été validés : contradiction avec la règle 6 ;
- l'incertitude sur les données n'est ni mentionnée ni prise en compte : contradiction avec la règle 7.

Une seule contradiction avec les règles de base de la recherche scientifique suffit pour que l'étude soit éliminée ; ici nous en avons quatre, ce qui est tout de même beaucoup.

### **IV. Le jugement par les pairs**

Il s'agit, nous dira-t-on, de documents qui ont été publiés, et donc qui ont passé l'épreuve du "jugement par les pairs". C'est ici que le bât blesse, car on constate que le jugement par les pairs ne signifie rien : il s'est créé une petite communauté, qui a développé ses propres règles de publication ; c'est facile avec les moyens modernes de diffusion de l'information. Que ces publications n'aient plus rien à voir avec la recherche scientifique ne les gêne en rien : il s'agit, comme l'écrivait Richard Feynman (prix Nobel de Phy-

sique), d'une "pseudo-science". L'histoire de l'humanité regorge de pseudo-sciences : chaque génération développe les siennes, au hasard des prises de pouvoir de certains responsables, et elles sont reconnues fausses par la génération suivante. Il y a eu l'astrologie, l'alchimie, et il y a encore la théologie.

## V. Les conflits d'intérêt

Tous ces articles prennent soin d'indiquer qu'il n'y a pas de "conflits d'intérêt". Bien au contraire, il y a une harmonie d'intérêt avec le donneur d'ordre, qui est ravi de s'appuyer sur des "études scientifiques" pour prôner ses propres choix politiques. Toutes ces études se terminent en disant qu'il faut davantage d'études, que le pouvoir politique sera ravi de financer, puisqu'elles lui donnent raison. Comme disait Victor Hugo (Les Châtiments), "On voit le sequin d'or qui passe entre leurs doigts". Les deux clans se partagent la responsabilité : d'une part, des scientifiques ne devraient jamais déroger aux règles de base de la recherche scientifique, même si on leur en donne l'ordre et même si leurs budgets en dépendent, et d'autre part les politiques se discréditent en appuyant leurs décisions sur des études dont ils savent pertinemment qu'elles sont incorrectes.

Cette collusion entre une certaine partie du monde scientifique et une certaine partie du monde politique n'est pas nouvelle, ni limitée à l'épidémiologie. Nous l'avons déjà dénoncée dans notre Note au Secrétariat Général de la Défense Nationale (Premier ministre) intitulée "Galileo, Chronique d'un scandale annoncé" (2002), disponible ici : [http://scmsa.eu/archives/SCM\\_SGDN\\_Galileo\\_2002.pdf](http://scmsa.eu/archives/SCM_SGDN_Galileo_2002.pdf)

Cette Note, plusieurs années plus tard, nous avait valu les félicitations de M. Jacques Barrot, à l'époque Vice Président de la Commission Européenne.

Citons Richard Feynman, discours aux étudiants de fin d'études du Caltech en 1974 (extrait du livre "Surely you are joking, Mr Feynman") :

*Pourtant, il y a une chose qui je crois manque profondément à ces pseudo-sciences --c'est une chose que l'on vous a, du moins je l'espère, apprise à l'école-- une chose dont on ne parle jamais explicitement, et qu'il est intéressant, pour cette raison, de faire sortir de l'ombre. Je veux parler de cette espèce d'intégrité propre à la pensée scientifique, qui en dernière analyse correspond à une forme d'honnêteté fondamentale --une sorte d'exigence extrême qui ne laisse rien au hasard. Quand, par exemple, vous faites une expérience, vous savez bien qu'il faut tout noter, pas seulement ce qui va dans le sens de la validation de l'expérience, mais aussi tout ce qui pourrait rendre le résultat contestable. Vous devez en particulier noter tous les "points" que vous avez éliminés sur la base d'autres expériences, afin qu'en lisant le compte rendu, on sache que vous avez éliminé ces points-là. De même, vous devez donner, quand vous en avez connaissance, toutes les informations susceptibles de jeter le doute sur l'interprétation que vous proposez. De même encore, si vous faites un travail théorique, il ne faut pas vous contenter d'en vanter les avantages ; il faut également signaler tout ce qui peut l'invalider et faire état d'éventuelles objections. Ce*

*n'est d'ailleurs pas si simple qu'il y paraît. Par exemple, lorsqu'on élabore une théorie simple en rassemblant un certain nombre d'idées, il faut prendre garde, lorsqu'on explique ce avec quoi ladite théorie cadre, à ne pas inclure là-dedans les résultats à partir desquels la théorie elle-même a été élaborée ; il faut s'assurer que la théorie, dans son état final, permet bien de prédire des choses nouvelles, apporte quelque chose de nouveau.*

[...]

*Maintenant, pour finir, il me reste à vous souhaiter de toujours vous trouver dans une situation telle que vous puissiez satisfaire aux exigences d'honnêteté dont je viens de vous entretenir. Je souhaite que vous n'ayez jamais à renoncer à cette intégrité, que ce soit pour assurer votre position à l'intérieur de l'institution, pour satisfaire aux contraintes financières, ou pour toute autre raison. De tout coeur, je vous souhaite cette liberté.*

## VI. Analyse critique du document [1]

An assessment of the safety effects of the French speed camera program, Laurent Carnisa, Etienne Blais, Accident Analysis and Prevention 51 (2013) 301– 309.

*rédaction Olga Zeydina*

### A. Introduction

Cet article a été publié en novembre 2012 ; il concerne l'introduction des radars sur toutes les routes françaises à partir de l'année 2003. Les auteurs s'interrogent sur l'efficacité de ce dispositif du point de vue de la réduction du nombre d'accidents de la route à court (7 ans) et long terme.

Nous allons passer en revue les hypothèses du modèle et mettre en question la robustesse des résultats.

### B. Données de l'étude

#### 1. Source

Les données proviennent du « *Fichier national des accidents corporels de la circulation* » géré par l'ONISR (Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière). Les informations sont recueillies directement sur le lieu de l'accident par des policiers et peuvent être considérées comme fiables.

#### 2. Nature des données

Les auteurs construisent leur modèle en analysant séparément le nombre de morts et de blessés dû à un accident qui engage au moins un véhicule en mouvement. Les données sont reportées mensuellement.

Les accidents qui ne concernent que les dommages matériels ne sont pas pris en compte.

#### 3. Période considérée

L'analyse se base sur les trois périodes différentes :

- Janvier 1999 – Avril 2002 : période avant la mise en place des radars ;
- Juin 2002 – Octobre 2003 : déclaration de la mise en œuvre des radars par les médias ;
- Novembre 2003 – Octobre 2010 : Introduction de l'ASEP (automated speed enforcement program).

### C. Critiques

#### 1. Vitesse d'un véhicule au moment de l'accident

L'article dit : *"The ONISR defines a crash as an event in which damages are caused by a moving vehicle"*. Cela signifie que tous les accidents provoqués par un véhicule en mouvement sont considérés, mais les auteurs n'évoquent à aucun moment la vitesse du véhicule au moment d'accident. C'est absolument illégitime car le but de cette étude est d'étudier la relation entre la vitesse du véhicule et le nombre d'accidents !

#### 2. Période d'observation

La période d'observation choisie est très courte. La Fig.1 est extraite de l'article en question ; elle montre l'évolution pendant la période considérée (janvier 1999 – décembre 2010) :

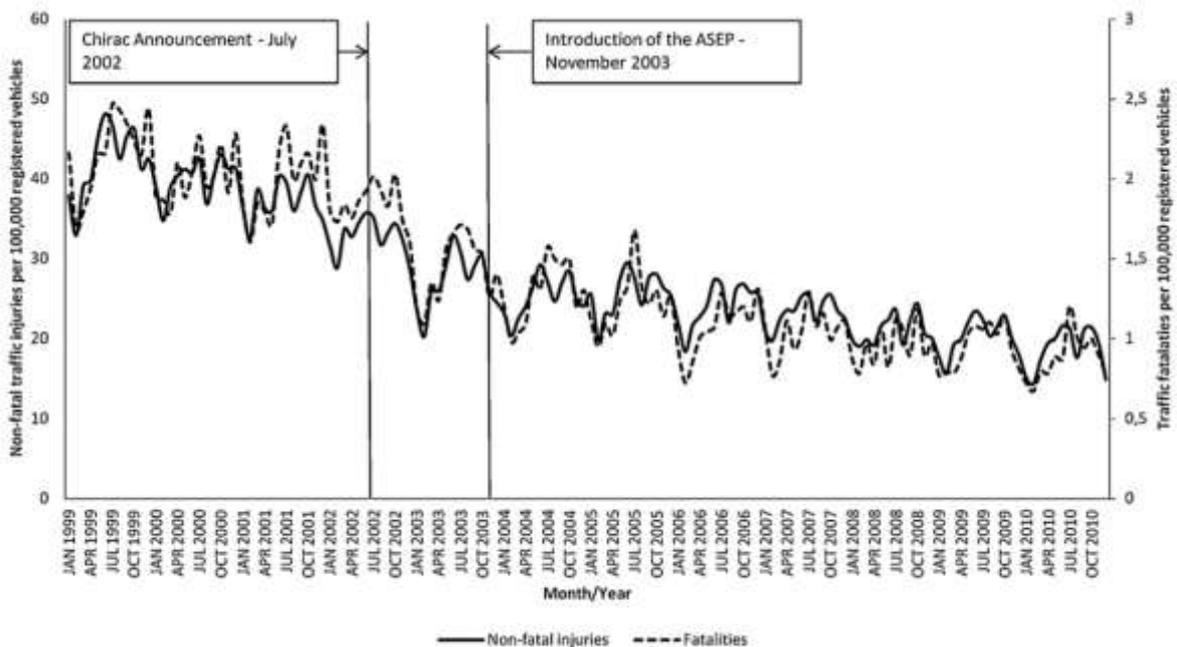


Fig. 1. Trends in fatal and non-fatal traffic injuries per 100,000 registered vehicles between January 1999 and December.

Nous avons vérifié que ce choix n'était pas causé par un manque de données. En effet, les informations sont disponibles à partir de l'année 1950. La figure ci-dessous présente le nombre total de personnes tuées dans un accident avec le volume de trafic correspondant :

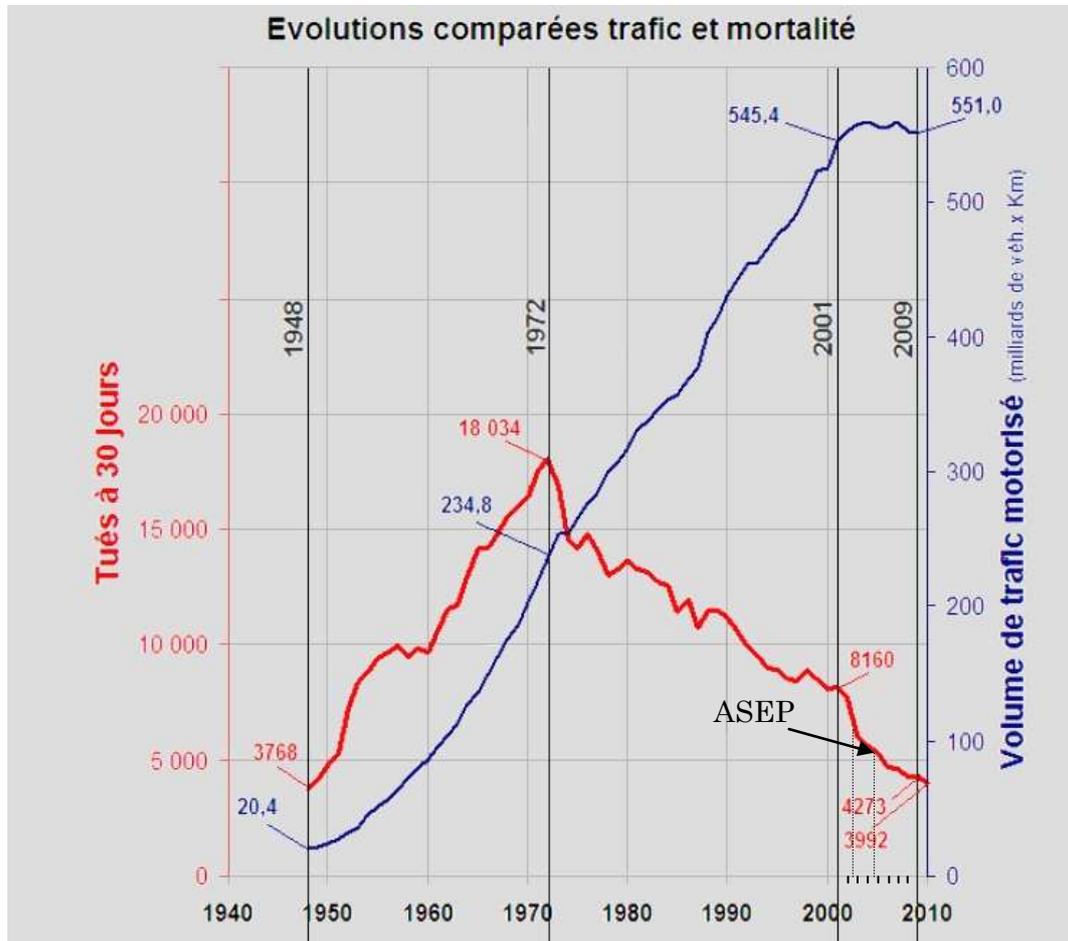


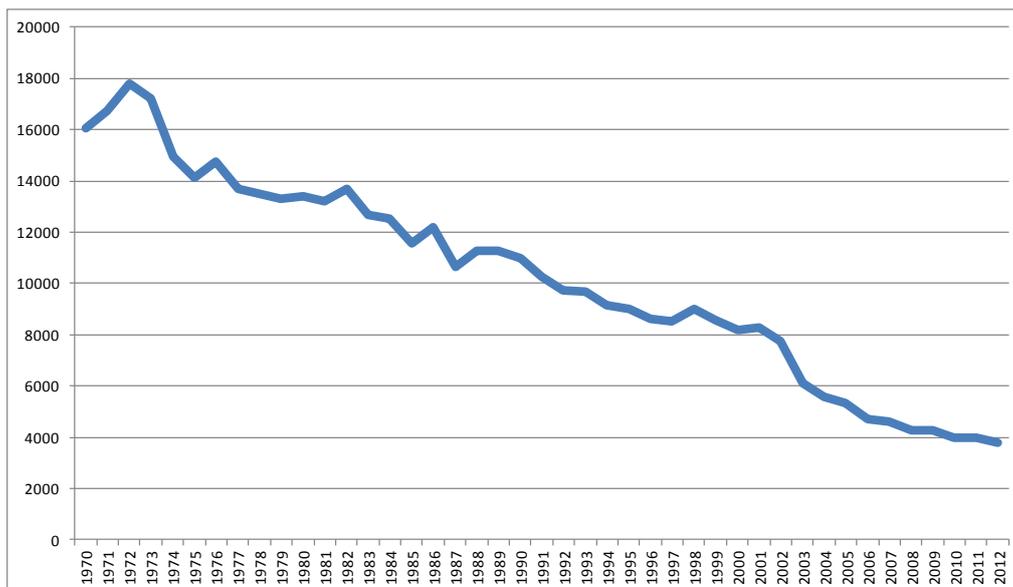
Fig 2. Evolution comparées trafic et mortalité en France (graphique Ministère de l'intérieur) par an :

Source : <http://www.statistiques-mondiales.com/accidents.htm>

On voit clairement que la diminution de nombre de morts a commencé bien avant l'introduction des radars.

Nous avons très souvent rencontré ce type de situation dans certaines études : les auteurs choisissent une période particulière qui les arrange. Voyons la différence sur un exemple concret.

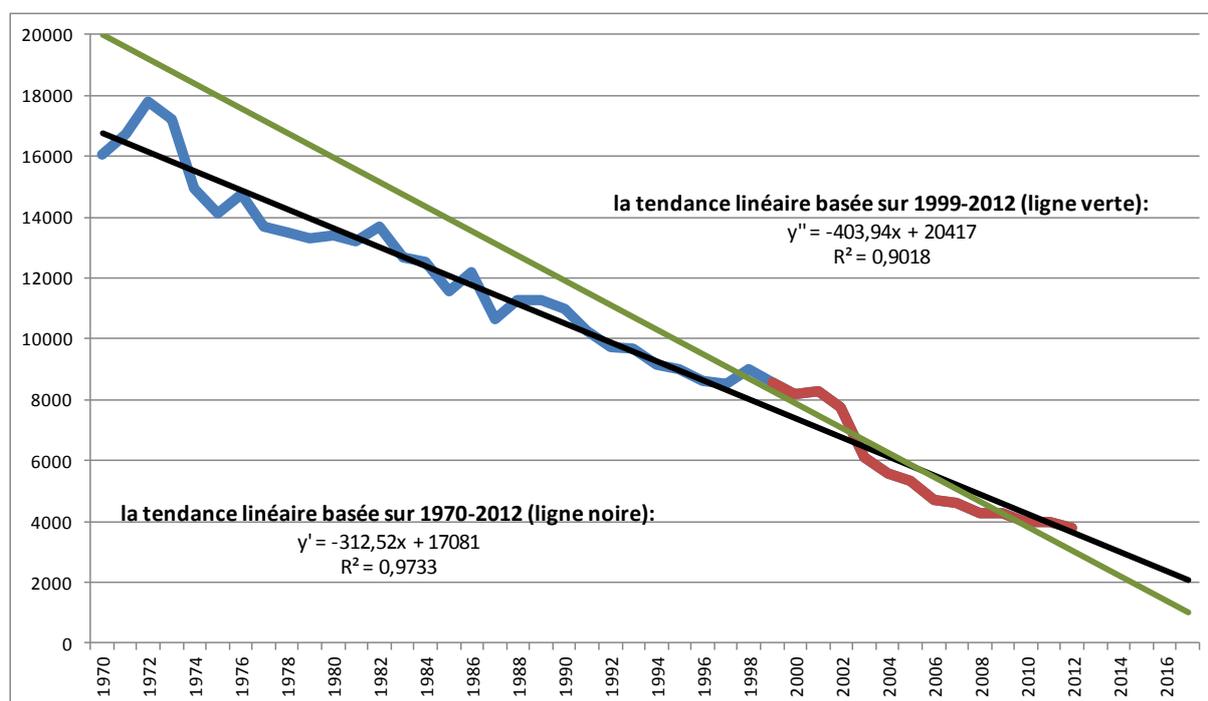
Nous considérons la variable « Nombre tués à 30 jours » sur la période 1970-2012 (source : fichier Excel « *Chiffres(2).xlsx* ») ; en voici la représentation graphique :



Nous allons construire une courbe de tendance linéaire basée sur les deux périodes différentes : 1970-2012 et 1999-2012.

*Remarque : la période 1999-2012 est celle choisie dans l'article [1].*

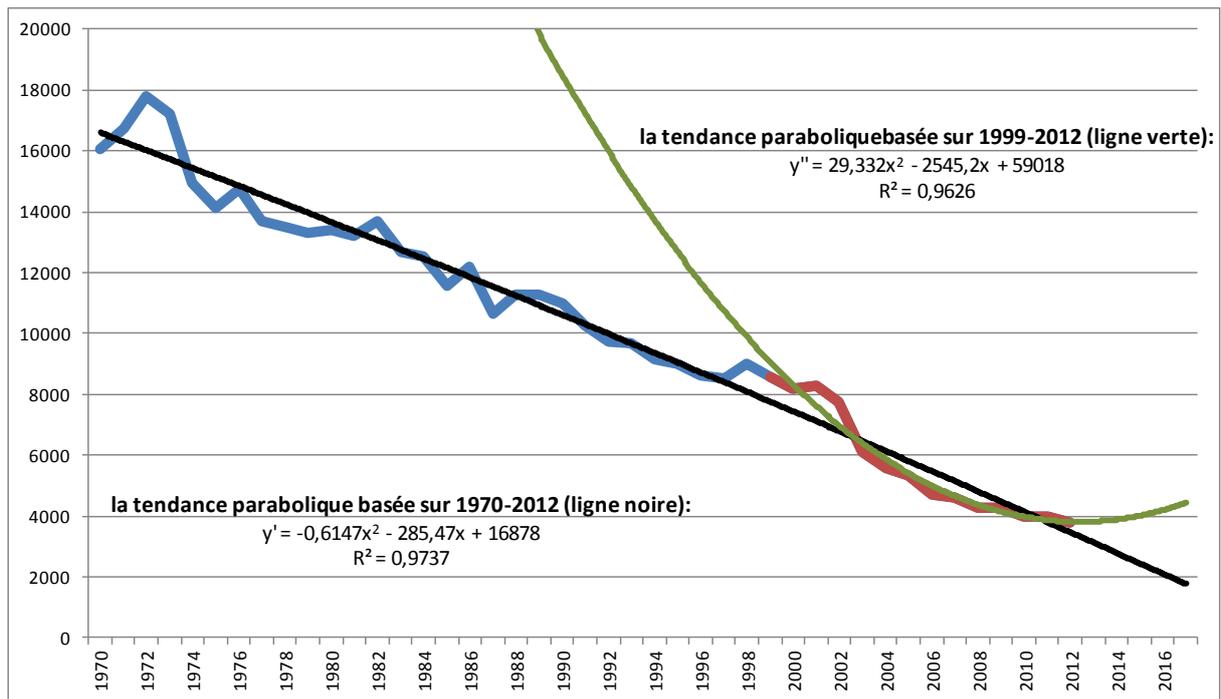
### Tendance linéaire :



La prévision de nombre de morts pour 2014 est, selon la ligne noire, de **3 018** morts et, selon la ligne verte, de **2 240** morts.

On peut aussi décider de tracer une courbe de tendance parabolique :

## Tendance parabolique :



La prévision de nombre de morts pour 2014 est, selon la ligne noire, de **2 787** morts et selon la ligne verte, de **3 881** morts.

### Conclusion :

Le choix de la forme de tendance, ainsi que la période de l'observation, jouent un rôle crucial. Le résultat de prévision est très sensible à ces choix, et on ne peut fonder une décision sur de tels choix, qui sont arbitraires.

### D. Choix du modèle mathématique

Le modèle introduit dans l'étude a pour but de "prévoir" le nombre de morts et blessés en supposant que l'introduction des radars n'est pas faite. Ensuite, la conclusion se base sur la différence entre les deux situations : « *with intervention* » - avec les radars et « *without intervention* » - sans les radars.

L'étude repose sur un modèle complètement factice, appelé « *interrupted time-series analysis* » en utilisant les six fonctions arbitraires suivantes :

- linéaire ;
- logarithmique ;
- inverse ;
- quadratique ;
- puissance ;
- exponentielle.

Parmi toutes les fonctions testées, les auteurs choisissent celle ayant la plus grande valeur prédictive selon les tests usuels de statistique.

Curieusement, la fonction la plus « fiable » est linéaire :

« *Estimates obtained with the linear model were used to compute the number of fatalities avoided since Chirac's announcement and the introduction of the ASEP.* »

### **Formula 1 Parameters used to estimate number of fatal and non-fatal traffic injuries prevented by the ASEP**

---

$Y_{(\text{with intervention})} = b_0 + b_1 \times x_1 + b_2 \times x_2 + b_3 \times x_3 + b_4 \times x_4 + b_5 \times x_5$	$b_0 = \text{Constant}$
$Y_{(\text{without the intervention})} = a + b_1 \times x_1 + b_5 \times x_5$	$b_n = \text{Coefficient}$
Absolute difference = $Y_{(\text{without the intervention})} - Y_{(\text{with intervention})}$	$x_1 = \text{TREND}$
Relative percent change = $(\text{absolute difference} / Y_{(\text{without the intervention})}) * 100$	$x_2 = \text{Chirac's announcement}$
	$x_3 = \text{ASEP}$
	$x_4 = \text{Time-after-Intervention}$
	$x_5 = \text{Dummy for a given month}$

---

Ce type de modèle est complément artificiel et dépend de la période considérée et de la fonction considérée. On peut lui faire dire ce que l'on veut.

#### *E. Les facteurs pris en compte*

L'étude considère les variables suivantes :

- Nombre de morts par 100 000 véhicules enregistrés par mois ;
- Nombre de blessés par 100 000 véhicules enregistrés par mois ;
- Variable « Intervention » associée avec l'introduction de l'ASEP ;
- « Time » - nombre des mois avant et après l'introduction de l'ASEP ;
- 11 « dummy » variables ont été créées pour tenir compte des variations mensuelles du volume des accidents de la circulation.

Il est absolument évident que d'autres facteurs sont susceptibles d'influer sur le résultat. En particulier :

- volume de trafic motorisé (plus il augmente, plus il y a d'accidents, référence fig.2) ;
- progrès de la médecine, qui diminue le nombre de blessés qui décèdent ;
- amélioration des infrastructures routières (les ronds-points, la signalisation, la qualité des routes, etc.) ;
- modernisation de l'équipement de sécurité des véhicules ;
- réduction de la consommation d'alcool au volant.

L'étude a conscience de ces facteurs manquants :

*“Despite the large decreases observed in fatal and non-fatal traffic injuries following introduction of the French ASEP, one could argue that other factors could be associated with this improvement (for instance, increase in the gasoline price). In fact, **Fig. 1** shows that the downward trends in fatal as well as in non-fatal traffic injuries per 100,000 vehicles started before introduction of the ASEP.”*

*“Besides other prevention measures, a linear trend and seasonality, other factors, not considered in our models, may have influenced trends in traffic injuries (gasoline price and alcohol consumption). Another French study concluded that during the last decade, about 11% of the decline in serious and fatal traffic injuries (car occupants and pedestrians) was related to the introduction of vehicles with improved safety standards »*

mais l'étude ne cherche pas à quantifier l'impact de ces facteurs...

#### *F. Variabilité naturelle des facteurs*

La plupart des variables considérées ont une grande variabilité naturelle (selon les populations, selon les saisons, les circonstances, etc.). Il n'est pas légitime d'attribuer un surcroît d'accidents, ou une diminution du nombre d'accidents, si l'on n'a pas au préalable étudié la variabilité naturelle du phénomène.

#### *G. Incertitudes sur les résultats*

De nombreux modèles fournissent des évaluations d'intervalle de confiance (odds ratio, goodness of fit, etc.), mais ils reposent tous sur des hypothèses implicites (lois gaussiennes, linéaires etc.). Dans le présent article, nous n'avons pas vu un seul exemple d'évaluation des incertitudes.

## *H. Validation du modèle*

À première vue, il peut sembler que les résultats de calculs ont été validés avec succès : les figures à la fin de l'étude montrent une bonne approximation des données observées avec celles prévues par le modèle ; mais en lisant attentivement l'article, on s'aperçoit que cette validation a été faite sur le même jeu de données que le modèle en question, ce qu'il n'est pas honnête intellectuellement. La véritable validation d'un modèle requiert un autre jeu de données disjoint du jeu initial.

### *I. Résultats de l'étude*

La conclusion générale de l'étude est celle d'une efficacité immédiate et permanente des radars et annonce une diminution de 21% du nombre de morts du fait de leur installation sur les routes françaises pendant la période d'observation :

*« Introduction of the ASEP produced an immediate and permanent effect on the constant of the series, where a 21% decrease in the traffic fatality rate was observed following its introduction. »*

Également, les auteurs comparent leurs résultats avec ceux d'ONISR :

*“Results from our statistical models show that the introduction of the ASEP played a significant role in reducing the French road toll. Between November 2003 and December 2010, our estimates suggest that about 15,193 fatalities and 62,259 non-fatal injuries were prevented by the ASEP. These figures are nonetheless less optimistic than those presented by the ONISR (2006), which suggest that at least 88% of the decline in fatalities was associated with the program between 2003 and 2005 (5,446 of the 6,189 avoided fatalities). For the same period, our estimates suggest that about 72.7% of the decrease is attributable to the ASEP (4,498 of the 6,189 fatalities prevented)”.*

L'étude en question suggère aussi l'augmentation du nombre de radars dans le futur :

*« Although adding speed cameras may be crucial to maintain the effect of the ASEP ».*  
*« Such studies are especially relevant since the French Government plans to further increase the number of photo radar devices in use to 4500 by 2012, in order to lower the number of traffic fatalities to about 3000, which would represent a reduction of 15% in comparison to 2010 (when 3499 fatalities were recorded) ».*

### *J. Nos conclusions*

Cette étude est entièrement dépourvue de valeur scientifique :

- Les modèles sont factices, et n'ont jamais été validés sur d'autres données que ceux pour lesquels ils ont été créés, ce qui est une faute méthodologique majeure ;

- Les facteurs pouvant influencer sur le résultat ne sont pas correctement listés, ce qui est malhonnête ;
- Les incertitudes ne sont pas prises en compte ;
- L'historique du phénomène n'est absolument pas analysé.

## VII. Analyse critique du document [2]

Fractions of fatal crashes attributable to speeding: Evolution for the period 2001–2010 in France, Vivian Viallona, Bernard Laumona, *Accident Analysis and Prevention* 52 (2013) 250 – 256.

*Rédaction: Miriam Basso*

### A. But de l'étude

L'excès de vitesse figure parmi les principaux facteurs de risque des accidents mortels en France. En effet, la vitesse intervient à la fois dans les causes de l'accident : en augmentant la vitesse, le conducteur réduit sa capacité à détecter des obstacles, et dans la gravité de l'accident même : en augmentant la vitesse, l'énergie cinétique associée au véhicule augmente et par conséquent l'énergie dissipée lors du choc augmente aussi. La diminution des excès de vitesse a été un élément-clé des politiques françaises liées à la sécurité routière. L'article dont nous fournissons une analyse critique ci-dessous présente un modèle mathématique permettant de relier la vitesse et la proportion d'accidents mortels au cours de la période 2001-2010. Ce modèle cherche à représenter le nombre d'accidents mortels associés à une gamme d'excès de vitesse donnée.

### B. Données exploitées

#### 1. Nature des données

L'objectif du modèle proposé est de relier par une équation mathématique la vitesse et le nombre d'accidents mortels. Ceci repose sur l'exploitation de données provenant de l'Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière (ONISR).

Il s'agit de deux sources d'information indépendantes :

- les données renseignant sur la distribution de la vitesse ;
- les données renseignant sur le nombre d'accidents mortels.

L'ensemble de ces données est fourni sur la période 2001-2010, en prenant en compte les distinctions suivantes:

- type de voie: autoroute, route nationale, route départementale (l'étude présentée se focalise sur les routes départementales);
- période de l'année: Janvier-Avril, Mai-Août, Septembre-Décembre ;
- type de véhicule.

## 2. Pertinence des données

Nous ne disposons pas des données brutes ; par conséquent, il ne nous est pas possible d'en vérifier la qualité, ni la représentativité par rapport à la question posée. Nous faisons les remarques suivantes:

- Les données présentent des lacunes qui peuvent affecter la validité du modèle : par exemple, pour certains réseaux routiers, la vitesse n'a pas été mesurée la nuit.
- Une partie des données utilisées résulte de calculs et non d'observations, ou bien résulte d'observations "corrigées". Les justifications inhérentes à ces choix ne sont pas fournies. Par exemple, la définition d'un "accident mortel" a été modifiée au cours de la période prise en compte: avant 2004 un accident était considéré comme mortel si le décès intervenait dans les 6 jours, par la suite cette durée a été élargie à 30 jours. Un coefficient correcteur égal à 1.069 a été introduit pour tenir compte de ce changement de définition, mais la validité de ce coefficient, constant dans le temps, n'est pas justifiée.
- Au lieu d'utiliser deux sources de données indépendantes, il aurait été préférable d'utiliser des données reliant directement le nombre d'accidents mortels à la vitesse. En réalité, on parle ici de vitesse moyenne des véhicules, et non pas de la vitesse des véhicules qui ont eu un accident et cette distinction est très importante.

### C. *Modèle mathématique utilisé*

#### 1. Principe de base

Le principe de base sur lequel repose le modèle établi est la loi physique reliant la vitesse à l'énergie cinétique : l'énergie cinétique est proportionnelle au carré de la vitesse. Comme la gravité de l'accident peut être associée à l'énergie cinétique du véhicule, le modèle est fondé sur l'hypothèse que le taux d'accidents mortels est proportionnel à la vitesse élevée à une puissance supérieure ou égale à 2. Des articles faisant appel à des modèles analogues sont donnés en référence. Ceci est caractéristique de ce genre de publication, qui se justifie "en circuit fermé", en se citant les uns les autres. En réalité, l'imperfection d'un tel modèle est évidente : quand une voiture en percute une autre au-delà d'une certaine vitesse, tous les occupants sont tués, carré de la vitesse ou non, et à l'inverse, en deçà d'un certain seuil, les dégâts sont insignifiants. Ces modèles dits "physiques" ont des domaines de validité qui ne sont jamais convenablement évalués.

Une équation reliant la proportions d'accidents mortels au profil de vitesse est posée, une estimation de la valeur des paramètres est effectuée en exploitant le jeu de données disponibles.

## 2. Prise en compte de la variabilité naturelle

L'estimation des paramètres dépend:

- de la gamme d'excès de vitesse;
- de l'année de l'étude;
- de la saison de l'année.

Mais il y a de nombreux paramètres, distincts de ceux-là, qui peuvent influencer sur le taux d'accident, et ils ne sont pas pris en compte. Ils ne sont même pas cités de manière exhaustive.

## 3. Facteurs pris en compte

La prise en compte de l'année permet, d'après les auteurs, d'intégrer dans le modèle l'évolution temporelle de la qualité des routes et des caractéristiques des véhicules, mais ceci n'est pas correct. L'évolution des caractéristiques des véhicules, en particulier, est susceptible d'avoir autant d'effet sur la sécurité routière que la mise en place des radars. On ne voit pas pourquoi cette évolution serait reléguée au rang de "variable muette".

On pourrait tout aussi bien mener une étude, totalement analogue à celle-ci, où l'on étudierait la diminution du nombre d'accidents en fonction de l'évolution des caractéristiques des véhicules. On se demande pourquoi les constructeurs automobiles ne font pas réaliser une telle étude, et pourquoi les seules décisions des pouvoirs publics sont, par définition, susceptibles d'avoir un impact sur le nombre d'accidents.

### D. Validation du modèle

L'article présente les résultats obtenus en comparant les données réelles et les résultats de calculs faisant appel au modèle. Ceci est représenté par le graphique ci-dessous.

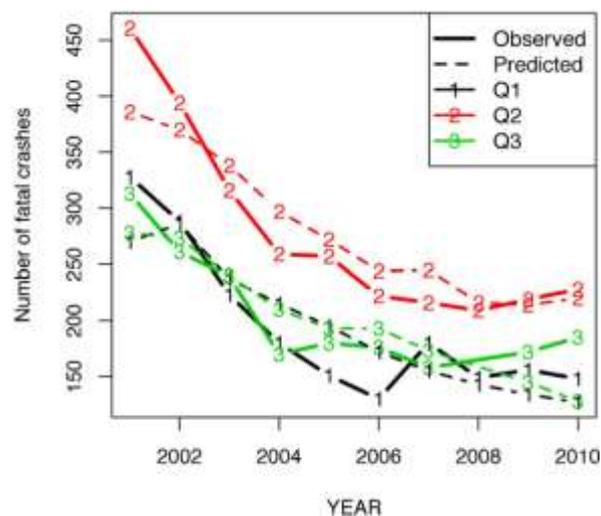


Figure 1 Comparaison entre mesures réelles et estimées

On constate sur la figure que le lien entre valeurs observées et valeurs estimées est loin d'être satisfaisant. Les valeurs estimées ne rendent pas compte des variations fortes d'une année sur l'autre ; le modèle est beaucoup trop régulier.

Aucune validation faisant appel à un jeu de données autre que celles initialement exploitées n'a été réalisée. Le modèle est fabriqué sur un jeu de données, et n'est testé sur aucun autre. Une précaution méthodologique élémentaire aurait été, par exemple, de fabriquer le modèle sur certaines années et de le tester sur d'autres, ou bien de le fabriquer sur des données du sud de la France et de le tester sur le nord, ou l'inverse.

La nécessité de valider un modèle est une requête de base de la recherche scientifique ; elle est ici clairement en défaut.

### *E. Prise en compte des incertitudes*

Les résultats finaux de l'étude consistent à donner la fraction d'accidents mortels associés à une gamme d'excès de vitesse donnée au cours des dernières années. Certains résultats sont donnés ci-dessous à titre d'exemple.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
No speeding	44.6%	46.3%	53.8%	60.4%	65.7%	69.6%	72.0%	75.4%	73.8%
<10 kph speeding	23.2%	24.8%	24.9%	23.9%	21.2%	20.4%	20.0%	17.5%	19.3%
[10,20] kph speeding	18.0%	16.0%	13.6%	10.9%	9.1%	7.2%	5.8%	5.1%	5.1%
[20,30] kph speeding	8.6%	7.9%	5.1%	3.0%	2.8%	1.9%	1.5%	1.4%	1.4%
>30 kph speeding	5.7%	5.0%	2.6%	1.9%	1.2%	0.8%	0.7%	0.6%	0.4%

Nous constatons qu'il s'agit de pourcentages très précis, avec un chiffre après la virgule, ce qui donne une impression de précision. Mais l'intervalle de confiance associé à ces valeurs n'est pas fourni ; il n'a probablement pas été évalué et aucune analyse d'incertitude de ces résultats n'est présentée.

### *F. Conclusion*

Le modèle présenté, cherchant à relier le nombre d'accidents mortels à la vitesse du véhicule est établi à partir d'une loi physique (relation entre la vitesse et l'énergie cinétique) qui ne peut être pertinente que dans certaines limites, qui ne sont pas analysées.

Le jeu de données utilisé pour fabriquer le modèle n'est pas approprié : on ne connaît pas les vitesses des véhicules ayant eu un accident.

De multiples facteurs externes, comme l'état des routes et l'amélioration des véhicules, ne sont pas explicitement pris en compte.

Les facteurs de risque oubliés en outre l'abus d'alcool ou de drogue par le conducteur.

Le modèle proposé par l'article n'a pas été validé par un jeu de données autre que celui utilisé pour estimer les paramètres.

Les résultats présentés par l'article présentent une précision étonnante, alors qu'aucune analyse d'incertitude, même grossière, n'a été menée.

En conclusion, cet article ne satisfait pas aux règles de base d'acceptabilité d'une étude épidémiologique.

## VII. Analyse critique du document [3]

(reprise de notre rapport de 2011)

### A. Analyse des modèles utilisés

Le document [3] commence par rappeler quatre modèles, dus à Nilsson, Elvik, Finch, Taylor, liant la vitesse et le nombre des accidents.

Ces "modèles" sont incohérents, contradictoires entre eux, et dépourvus de tout fondement scientifique. Les différents auteurs ont pris des séries de données, et se sont appliqués à trouver des courbes approchant au mieux les séries considérées : chacun a sa série, chacun a son modèle. Il s'agit à chaque fois d'un "bricolage" ; on lit pour Nilsson qu'il a augmenté l'exposant d'une unité pour les accidents avec blessés, mais pourquoi d'une ?

Chaque auteur a procédé de la façon suivante : Nilsson a dit : je vais rechercher parmi les courbes  $y = (V_2 / V_1)^n$  avec  $n$  entier, celle qui approche le mieux mes données ; Elvik a fait de même avec  $y = (V_2 / V_1)^\alpha$ , où  $\alpha > 0$  n'est plus nécessairement entier mais peut être décimal, Finch a introduit une exponentielle et Taylor une exponentielle et une fonction puissance ensemble. On peut s'étonner qu'aucun chercheur n'ait introduit de logarithme, lequel a toujours un effet bénéfique sur les budgets.

Il s'agit là de ce qu'on appelle des "modèles paramétriques" : le chercheur décide par avance de la forme de la courbe qu'il entend trouver. Il cale ensuite les paramètres sur les séries de données disponibles.

De tels modèles sont entièrement dépourvus de valeur scientifique. Tout d'abord, il n'y a aucune raison pour que la réalité obéisse à la forme décidée par le chercheur (par exemple en  $y = (V_2 / V_1)^n$ ), et ensuite ces modèles n'ont jamais été validés. Ils donnent de bons résultats sur la série dont ils sont issus, simplement parce qu'ils sont issus de celle-là !

La seconde réserve majeure tient au fait que ces modèles n'analysent pas correctement la réalité, et sont à l'évidence faux sur le plan de la logique pure, ce qui suffit entièrement à les discréditer, d'un point de vue mathématique.

En effet, ils concluent tous que le nombre d'accidents augmente avec la vitesse. Or ceci est faux d'un point de vue logique. Imaginons un pays (la France d'après guerre) qui n'a qu'un réseau de routes secondaires et nationales, mais pas d'autoroutes. Imaginons que, du jour au lendemain, ce pays se dote d'un réseau d'autoroutes. Que se passera-t-il ? La vitesse moyenne des véhicules va augmenter, mais il y aura moins d'accidents, car les autoroutes sont plus sûres.

Cet exemple très simple montre que, pour espérer représenter la réalité, un modèle doit au moins distinguer entre trois situations : autoroutes, réseau routier secondaire, situation urbaine. A l'évidence, les modèles doivent être différents pour les trois, et un modèle unique est nécessairement faux.

Une autre question fort légitime tient à la qualité des données. Le document [3] n'aborde pas cette question, et fait comme si les vitesses de tous les automobilistes étaient mesurées et connues en permanence. Or, à l'évidence, ce n'est pas le cas. Nous poserons donc cette simple question : d'où viennent les données, que représentent-elles, et quelle est l'incertitude associée ? Une étude scientifique se doit de répondre à cette question ; le document [3] déroge à cette règle : c'est une raison supplémentaire de discrédit.

La phrase de [3] : *"Les modèles présentés ci-dessus donnent les variations théoriques des accidents imputables à la diminution de vitesse. Il est alors possible d'estimer la part du contrôle sanction automatisé dans l'amélioration de la sécurité routière en faisant le rapport entre la variation théorique et la variation constatée"* constitue une faute de logique majeure, à la vérité à peine croyable !

Les auteurs de [3] voient que les résultats enregistrés (la "variation constatée") ne cadrent pas avec leurs modèles. Ils en déduisent abusivement que l'écart est dû à l'efficacité du Contrôle Sanction Automatisé (CSA). Mais deux autres explications sont possibles :

- Les modèles sont faux, dans leurs formules mêmes ;
- Les modèles oublient bien d'autres paramètres, qui ont une influence.

Et, comme nous l'avons vu, ces deux explications sont légitimes : les modèles sont faux, parce qu'ils ne représentent qu'une approche non scientifique, et ils oublient beaucoup de paramètres importants.

On constate donc ceci : des auteurs construisent des modèles non scientifiques, constatent qu'ils ne représentent pas la réalité, et en déduisent l'efficacité de la politique qu'ils préconisent.

### *B. Notre conclusion*

Le document "Impact du Contrôle Sanction Automatisé sur la Sécurité Routière 2003-2005" veut mettre en évidence un lien entre réduction de vitesse des automobiles et baisse du nombre d'accidents, et veut en déduire l'efficacité du Contrôle Sanction Automatisé.

Du strict point de vue de la logique, les modèles utilisés par ce document sont inappropriés, incohérents, et n'ont jamais fait l'objet de la moindre validation. Il ne s'agit que d'approches non scientifiques, qui se citent entre elles. On ignore sur quelles données ils s'appuient et quelle est l'incertitude sur ces données. Les modèles ne distinguent pas entre différentes situations qu'il faudrait manifestement différencier.

Les prédictions de ces divers modèles sont entièrement dépourvus de valeur scientifique et ne sauraient servir de base à une décision.

Les auteurs constatent que leurs modèles ne décrivent pas la réalité, mais, loin de les remettre en cause, ils en déduisent l'efficacité de la politique qu'ils prônent : le nombre d'accidents ne correspond pas à ce qu'indiquent les modèles, donc un autre facteur intervient, et bien entendu cet autre facteur ne peut être que l'efficacité du Contrôle Sanction Automatisé. Le mathématicien reste pantois devant une telle logique.



## **Eléments d'évaluation d'une étude épidémiologique**

Il s'agit, par référence aux règles usuelles de la recherche scientifique, de donner des éléments d'analyse permettant d'apprécier la qualité d'une étude épidémiologique.

### **1. Première question : quel est le but de l'étude ?**

La réponse devrait être une phrase claire : l'étude cherche à montrer une relation entre un "fait A" et une préoccupation de santé publique (telle maladie, tels accidents).

### **2. Seconde question : quelles sont les données utilisées par l'étude ? Sont-elles pertinentes pour cet objet ?**

Il s'agit ici de faire la liste objective des données utilisées : tel laps de temps, telle population couverte, telle précision.

### **3. Troisième question : lister tous les facteurs susceptibles d'influer sur le résultat ; ces facteurs sont-ils correctement mentionnés et pris en compte dans l'étude ?**

Explication : une maladie, un accident, peuvent avoir des causes multiples, et pas seulement le "fait A" que l'étude cherche à analyser.

### **4. Quatrième question : la variabilité naturelle du "fait A" est-elle correctement prise en compte ?**

Explication : les maladies, les accidents, peuvent avoir une très grande variabilité naturelle (selon les populations, selon les saisons, les circonstances, etc.). Il n'est pas légitime d'attribuer un surcroît d'accident ou de maladie à un "fait A", si l'on n'a pas au préalable étudié la variabilité naturelle du phénomène.

**5. Cinquième question : le modèle mathématique que l'étude épidémiologique construit est-il :**

a) réalisé à partir des lois de la physique, et lesquelles ?

ou bien :

b) issu de lois empiriques ou factices (approximations polynomiales, lois gaussiennes, etc.) ?

**6. Sixième question : ce modèle a-t-il été validé sur des données extérieures à celles qui ont permis de le construire ?**

Explication : on construit un modèle sur un jeu de données, et il faut ensuite, pour le valider, le mettre en œuvre sur un autre jeu de données disjoint du premier. On ne peut pas se contenter de dire : le modèle représente bien les données sur lesquelles il a été construit.

**7. Septième question : les incertitudes sur les résultats sont-elles correctement évaluées ?**

Explication : de nombreux logiciels fournissent des évaluations d'intervalle de confiance (odds ratio, goodness of fit, etc.) ; mais ils reposent tous sur des hypothèses implicites (lois gaussiennes, etc.). De telles évaluations "automatiques", c'est-à-dire fournies par un logiciel sans justification, sont inacceptables.

**Conclusion : une étude ne peut être retenue que si :**

- elle utilise des données pertinentes (question 2) ;
- fait correctement la liste des facteurs pouvant influencer sur le résultat (question 3) et montre qu'ils ont été convenablement pris en compte ;
- fait la preuve que la variabilité naturelle du phénomène est convenablement appréciée (question 4)
- utilise des modèles mathématiques issus de la physique, ainsi bien sûr que de la biologie (question 5)
- montre que le modèle mathématique a convenablement été validé sur données externes (question 6)
- donne une évaluation, même grossière, des incertitudes ou de leur ordre de grandeur.