

CARTE  
BLANCHESondages  
et intervalles  
de confiance

Par ÉTIENNE GHYS

Dans cette période électorale, nous sommes submergés par les sondages d'opinion. Bien des fois dans le passé, ils ont été accusés de tous les maux. Ils ne nous inspirent pas confiance, même si nous les consultons avec avidité.

Les instituts de sondage nous le rappellent sans cesse, mais nous ne les écoutons pas : il ne s'agit en aucun cas de prédictions, mais d'une photographie de l'état de la population à un instant donné.

On nous le rappelle parfois, mais bien moins souvent : cette photographie est imprécise. En petites lettres, en bas de la page, on parle d'un intervalle de confiance, qui est en général de 2,5 % en plus ou en moins par rapport au chiffre annoncé. Les journalistes qui glosent sur l'augmentation de 0,5 % dans un sondage n'ont pas lu ces petites lettres. Ce genre d'information n'a aucun sens, tout simplement.

## L'aléatoire est dans l'échantillon

On nous parle cependant de temps en temps de ces intervalles de confiance, en expliquant qu'il s'agit de probabilités et que le score du candidat en question sera dans cet intervalle avec 95 % de chances. Il faut se féliciter de ces précisions, trop rares dans les médias, même si... ce n'est pas tout à fait ça. La chose est un peu plus subtile. Lorsqu'un institut fait son enquête, le score d'un candidat est inconnu, certes, mais il n'est certainement pas aléatoire. Il est ce qu'il est, il est déterminé, on aimerait le connaître, mais il ne s'agit pas d'une variable aléatoire comme disent les mathématiciens. Ce qui est aléatoire, c'est l'échantillon choisi par l'institut, qui est sélectionné (plus ou moins) au hasard. Si on fait la même enquête, le même jour, en tirant au sort un autre échantillon, le résultat obtenu sera différent, même si le score (inconnu) du candidat est le même. L'aléa porte donc sur l'échantillon et non sur le score. Lorsqu'un institut publie un intervalle de confiance entre 20 % et 25 %, cela signifie qu'il estime que s'il recommençait le même sondage un grand nombre de fois de suite, avec la même méthode, le résultat publié serait compris entre 20 % et 25 % environ 95 fois sur 100. Ce n'est pas facile à expliquer, mais c'est pourtant la seule information que nous donnent ces sondages. C'est intéressant, mais ce n'est pas la même chose que de proclamer qu'il y a 95 chances sur 100 que le vrai score soit compris entre 20 % et 25 %.

On aimerait plus de précision et diminuer ces 5 % qui séparent les deux extrémités de ce fameux intervalle de confiance. Pour cela, il suffirait d'utiliser des échantillons plus importants. On est toujours surpris par le fait qu'on n'interroge en général qu'un millier de personnes. Hélas, l'un des résultats les plus élémentaires de la théorie des probabilités affirme que pour diviser la précision par 10, et atteindre ainsi 0,5 %, il faudrait multiplier l'échantillon par 100, c'est-à-dire interroger 100 000 personnes, ce qui prend 100 fois plus de temps et coûte 100 fois plus cher. Voilà pourquoi on se contente de cette précision peu satisfaisante. On peut aussi faire remarquer que la précision d'une enquête dépend de la taille de l'échantillon, mais pas de la taille de la population totale. Un sondage sur 1 000 personnes donnera le même intervalle qu'il s'agisse de la France tout entière, de toute l'Europe ou de la ville de Lyon.

Ce qui précède n'est valable que pour les candidats qui ont un score significatif, et tombe en défaut pour les « petits » qui n'ont que très peu d'intentions de vote. On objectera que, pour ceux-là, leur score n'a que peu d'intérêt. J'ai fait le calcul suivant. Supposons qu'un candidat ne reçoive que trois intentions de vote sur un échantillon de 1 000 personnes. Alors l'institut de sondage publiera un score de 0,3 %, mais avec un intervalle de confiance allant jusqu'à 0,6 %. Ainsi un petit candidat peut espérer doubler son score. De quoi leur remonter le moral ?

Étienne Ghys

Mathématicien, directeur de recherche (CNRS) à l'École normale supérieure de Lyon  
etienne.ghys@ens-lyon.frAdresse aux politiques :  
la recherche, vous connaissez ?

TRIBUNE - Négligée par nos gouvernants, la recherche est pourtant une partie de la solution à nos problèmes, souligne le biologiste Jean-Marc Egly, membre de l'Académie des sciences

Au-delà du succès que vient d'enregistrer Strasbourg avec un quatrième Prix Nobel [Jean-Pierre Sauvage, chimie], la situation de la recherche en France n'est plus ce qu'elle était. Cela tient à ce qu'il n'y a plus à la tête de notre pays un de ces personnalités qui ont permis de développer l'énergie atomique, Airbus ou le TGV.

La séquence électorale actuelle tend à le confirmer. On n'y trouve, en effet, aucune discussion portant sur ce que pourrait être la contribution de la recherche à la réussite de notre pays. Il semblerait que la recherche ne soit pas une priorité alors même que l'on fait l'amer constat que notre industrie « fout le camp », que notre économie est déficitaire, que le chômage augmente et que nous dégringolons dans le classement des puissances mondiales.

A l'heure où l'on parle innovation, technologie, brevets, start-up et donc emplois, l'action n'est pas à la hauteur du discours. On s'intéresse longuement à un aéroport – indispensable pour les uns, radicalement contraire aux préoccupations des autres –, aux chauffeurs Uber, à la suppression de certaines sources d'énergie alors que nous n'y sommes pas prêts... Toutes thématiques qu'il est certes indispensable de prendre en compte, mais le silence sur la situation de la recherche est consternant. C'est oublier qu'elle est peut-être la solution à nombre de nos problèmes.

On ignore, ou l'on veut ignorer, combien notre recherche reflète cette excellence teintée de l'esprit français qui s'est maintenue à travers les siècles.

Savent-ils, ces femmes et ces hommes politiques, que, au cours de la période 2008-2014, le nombre de publications parues dans des journaux à haut facteur d'impact a augmenté de 50 % dans les sciences de la vie et de la santé, avec un taux de croissance similaire à celui des pays asiatiques ?

Savent-ils que le nombre de nos chercheurs ayant obtenu les contrats européens les plus prestigieux nous positionne au deuxième rang en Europe, souvent devant l'Allemagne et parfois à égalité avec le Royaume-Uni ?

Savent-ils que la France est le pays qui crée le plus de start-up en Europe ? Que, dans neuf de nos plus gros centres de recherche en sciences du vivant, 36 biotechs ont vu le jour depuis 2012, et que 20 autres sont en cours de création ? Au CNRS, plus de 200 sont en activité.

Savent-ils à quel point nos chercheurs sont appréciés à l'étranger et sont les grands favoris lors des recrutements dans les universités ou l'industrie ? Combien sont nombreux ceux qui s'épanouissent en Californie ?

Ces gouvernants, ou qui prétendent l'être, peuvent-ils nous expliquer :

– Pourquoi la recherche, que l'on pourrait coupler avec la technologie, l'industrie et l'enseignement supérieur, ne pourrait-elle pas être érigée en ministère de plein droit et ne plus être reléguée au rang de secrétariat d'Etat ?

– Pourquoi les initiatives des ministres Chevènement, d'Aubert, Fabius ou Pécresse n'ont-elles pas été mieux suivies ?

– Pourquoi l'Etat n'utilise-t-il pas plus les Académies des sciences et des

À L'HEURE OÙ L'ON  
PARLE INNOVATION,  
TECHNOLOGIE,  
BREVETS, START-UP  
ET DONC EMPLOIS,  
L'ACTION N'EST PAS  
À LA HAUTEUR  
DU DISCOURS

technologies, concentrés de nos cerveaux les plus brillants ?

Dans un tel contexte, la défection de nos jeunes envers la recherche, l'une des plus belles expressions du génie de l'homme, ne doit pas nous surprendre. Nos instituts peinent à recruter des chefs d'équipe français ou du nord de l'Europe. Nos laboratoires attirent de moins en moins d'étudiants français, contrairement à l'Allemagne ou à la Suisse. Il semblerait que, bien qu'encore compétitifs, nous ne soyons plus attractifs. Les étudiants en thèse (bac+4) perçoivent 1350 euros par mois, contre 2400 euros en Suisse ; les postdocs (bac+8) espèrent 2300 euros, contre 2800 euros en Allemagne. On intègre un organisme de recherche à bac+12 avec 2600 euros par mois et des horaires de plus de 55 heures par semaine ; le matériel biologique ne connaît pas les RTT.

Pourquoi le monde syndical ne se préoccupe-t-il pas plus de la situation du chercheur ? A côté du prestige attaché à

l'avancée des connaissances et de l'humanisme qu'elle porte, le chercheur a pourtant désormais pleinement conscience qu'il est un acteur-clé de l'économie du pays et a droit à la considération.

Pourquoi ne veut-on pas comprendre combien les organismes de recherche ont, depuis des années, paupérisé l'université en recrutant les meilleurs dans leurs centres ? Ceux qui sont recrutés par l'université, au lieu de voir facilitée leur intégration, sont noyés sous une masse d'heures d'enseignement et de charges administratives. N'y a-t-il pas matière à réflexion en créant un corps unique d'enseignants-chercheurs ? Pourquoi ne pas repenser tous ensemble et de façon sereine l'organisation de notre recherche ?

Pourquoi les chercheurs ne se manifestent-ils pas ? Trop peu sûrs d'eux ? J'en doute, lorsque je les vois exposer avec passion leurs travaux à la tribune des congrès internationaux.

C'est à une réflexion d'envergure qu'il convient d'inviter nos politiques. Sachant combien est grande la qualité de la recherche, ils devraient savoir que mener une vraie politique permettrait de faire beaucoup plus et encore mieux ; que nous sommes capables de placer la France en tête de peloton au niveau mondial. Nous avons, en France, les talents qu'il faut pour nourrir cette ambition, et ce pour le bien de tous !

Jean-Marc Egly

membre de l'Institut, Académie des sciences

Le supplément « Science & médecine » publie chaque semaine une tribune libre. Si vous souhaitez soumettre un texte, prière de l'adresser à sciences@lemonde.fr

## DEUX BATEAUX À HYDROGÈNE AUTOUR DU MONDE

ENERGY OBSERVER France	RACE FOR WATER Suisse
	
Longueur 30,5 mètres	Longueur 35 mètres
Largeur 12,8 mètres	Largeur 23 mètres
Vitesse moyenne 8-10 nœuds	Vitesse moyenne 5 nœuds
Coût total 5 millions d'euros	Coût total 5 millions d'euros
Équipage 8 personnes	Équipage 20 personnes

**1 Kit de traction**  
Un cerf-volant automatisé qui a pour but d'augmenter la vitesse du bateau mais aussi, lorsque le vent le permettra, de convertir le moteur électrique en hydrogénérateur. Lors d'un usage normal, le moteur est alimenté par un courant électrique et fait avancer le bateau. En mode hydrogénérateur, le phénomène inverse se produit. L'eau fait tourner les pales du moteur. Cette énergie mécanique est ensuite convertie en énergie électrique qui pourra être utilisée, par exemple, pour alimenter l'électrolyseur, ou stockée.

**2 Batteries**  
De type Li-ion (400 volts). Elles assurent le stockage d'énergie électrique provenant des éoliennes, des panneaux et du kit de traction. C'est le stockage à court terme.

**3 Electrolyseur**  
Il est utile pour la décomposition des molécules d'eau (H<sub>2</sub>O), qui ont été auparavant désalinisées car elles proviennent de la mer, afin de stocker l'hydrogène (H), sous forme de dihydrogène gazeux (H<sub>2</sub>), dans des réservoirs.

**4 Pile à combustible**  
Elle génère de l'électricité à partir de l'hydrogène stocké et permet de prolonger l'autonomie du bateau.

**5 Stockage de l'hydrogène**  
Huit réservoirs permettant de stocker 62 kilogrammes de dihydrogène gazeux (H<sub>2</sub>). C'est le stockage à long terme.

INFOGRAPHIE : VICTORIA DENNIS SOURCE : ENERGY OBSERVER, RACE FOR WATER

Le 14 avril, l'Energy Observer sera mis à l'eau à Saint-Malo. L'objectif de cet ancien bateau de course ? Effectuer un tour du monde sans aucune émission de CO<sub>2</sub>. Il utilisera uniquement les énergies renouvelables et l'hydrogène

pour alimenter ses moteurs électriques. L'équipage prévoit 101 escales afin d'en faire un ambassadeur des énergies renouvelables. Pour Nicolas Hulot, le parrain de ce projet, « ce tour du monde est un moyen d'organiser

une coalition des solutions ». Mais quelques jours avant, le 9 avril à Lorient, Race For Water, un catamaran battant pavillon suisse, a lui aussi entamé un long tour du monde propulsé par l'hydrogène, pour dénoncer la pol-

lution des eaux par les plastiques. Hasard des calendriers ? Les deux projets sont en tout cas très proches et il devient plus difficile pour chacun de ces ambassadeurs de mettre en avant son originalité.