

gie joue ainsi un rôle clef : terrain d'expérimentation pour les nouvelles méthodes et les nouveaux concepts, corpus expérimental bien maîtrisé pour tester la validité des modèles. Négliger cette compétence aurait pour conséquence non seulement le déclin d'une part majeure de notre industrie, mais aussi de nous priver des outils nécessaires pour inventer celle de demain. Cela alors que des pays tels que la Chine, l'Inde – ou le Japon, qui développe des aciers et alliages pour la génération IV des réacteurs électro-nucléaires –, montent en puissance.

Comment enrayer le déclin français ? L'enseignement et la recherche ont un rôle essentiel à jouer. Un atout majeur de la métallurgie dans notre pays est la liaison étroite des chercheurs du domaine avec le monde industriel. Il reste encore quelques équipes de très bon niveau, reconnues internatio-

nalement, à partir desquelles peut se reconstruire un tissu performant de chercheurs. Il est urgent de réinstaller, dans les universités et les grandes écoles, des formations de métallurgie en tant que discipline constitutive du cursus d'un ingénieur.

Une fois ce besoin affiché, il faut se donner les moyens d'y répondre : recrutement d'enseignants-chercheurs, mise en place d'un système de « formation des formateurs ». L'enseignement devra aussi s'appuyer sur des contacts étroits avec le monde industriel : création de chaires industrielles, accueil à temps partiel de chercheurs de l'industrie, ouverture vers les petites et moyennes entreprises ou industries... Et des « pôles d'excellence » associant le monde académique, les grands instituts et le monde industriel sont à identifier, les actions faisant l'objet d'appels d'offres spé-

cifiques dans les organismes financeurs de la recherche.

Le temps presse. Si la métallurgie de notre pays disparaît, la physique de la matière condensée y serait grandement appauvrie. Et, du point de vue des applications, ce que la métallurgie rend possible deviendra impossible à ceux qui l'auront abandonnée. ■

Yves BRÉCHET, membre de l'Académie des sciences et de l'Institut universitaire de France, est professeur à l'Institut national polytechnique de Grenoble.

Sous la direction de A. Pineau et Y. Quéré, *La métallurgie, science et ingénierie*, Rapport sur la science et la technologie n° 31 de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies, EDP Sciences, 2011.



Réagissez en direct à cet article sur www.pourlascience.fr

ÉCONOMIE

L'immolation du petit vendeur...

... a déclenché la chute de Ben Ali. Cet « effet papillon », qui résulte des conditions de vie désespérantes (chômage et prix accrus), peut en annoncer d'autres.

Ivar EKELAND

Vous rappelez-vous de la théorie du chaos ? L'histoire du papillon qui, par un battement d'ailes, déclenche un cyclone dans les Antilles quelques mois plus tard ? On peut dorénavant la remplacer par l'histoire du petit vendeur à la sauvette de Sidi-Bouزيد dont le suicide provoque la chute de Ben Ali en Tunisie, peut-être celle de Moubarak en Égypte, sans que l'on sache où s'arrêtera la cascade des dominos. Ce qui n'aurait dû être qu'un incident de police banal et vite oublié dans une ville de province risque d'entraîner la libération des peuples arabes et de bouleverser l'équilibre géopolitique de la planète.

En fait, l'histoire du papillon est plutôt une fable. Il est vrai qu'à l'échelle du batte-

ment d'ailes, les courants d'air peuvent être chaotiques, c'est-à-dire croître exponentiellement, mais ce qui se passe quand ils grandissent en intensité et interfèrent est



beaucoup moins clair. Après tout, s'il n'y avait pas de papillons, il y aurait quand même des cyclones dans les Antilles. Ce que dit la fable, c'est que si l'on considère un cyclone donné, Katrina par exemple, qui a dévasté la Nouvelle-Orléans, il est impossible de lui assigner une cause digne de l'ampleur de la catastrophe : à chaque instant naissent dans le golfe du Mexique de petites perturbations qui ont vocation à devenir des cyclones dévastateurs, mais à l'échelle de nos observations, il est impossible de prévoir lesquelles y arriveront. En revanche, si l'on considère le phénomène cyclonique dans son ensemble, il est assez bien compris et bénéficie d'une certaine régularité. Les causes et les saisons varient suivant

les régions ; dans le golfe du Mexique, par exemple, la saison s'étend de juin à septembre. En janvier, tous les papillons du monde peuvent se donner la main, personne ne s'en apercevra. En revanche, l'histoire du petit vendeur de Sidi-Bouazid, elle, est vraie. S'il ne s'était pas donné la mort, Ben Ali serait toujours au pouvoir et je ne serais pas suspendu à Internet pour savoir ce qui se passe en Égypte. Toutefois, comme en météorologie, il y a des causes profondes, qui ne déterminent pas certains événements, mais qui les rendent possibles ou probables.

La première de ces causes est le chômage des jeunes. Dans tout le Maghreb, pour la tranche d'âge de 15 à 29 ans, ce taux est de l'ordre de 30 pour cent. Il est plus élevé chez les instruits : contrairement à ce qui se passe dans les pays développés, vous avez plus de chance de trouver un travail si vous n'avez pas de diplôme que si vous en avez un. Cela reflète la mauvaise qualité des emplois disponibles, la plupart se situant dans des services mal rémunérés, dans le tourisme

notamment, ou dans l'économie informelle. On imagine aisément les frustrations de jeunes gens éduqués, informés de ce qui se passe ailleurs grâce à Internet, et qui n'obtiennent dans leur pays ni pouvoir ni avenir.

À ce facteur, à l'œuvre depuis longtemps, s'est ajoutée cette année la flambée des prix des matières premières. En un an, entre décembre 2009 et décembre 2010, les prix du maïs, du café et du blé ont augmenté de 50 pour cent. Les prix retrouvent leur niveau de 2008, l'année où les émeutes de la faim avaient éclaté au Maroc et en Égypte, ainsi qu'en Indonésie, aux Philippines, à Haïti, et dans beaucoup de pays d'Afrique. On imagine l'effet de ces augmentations sur des populations dont le revenu se situe au minimum de subsistance. Rappelons que l'Égypte, avec 80 millions d'habitants, doit importer la moitié de sa consommation de blé, et subventionne largement les prix intérieurs.

La hausse des produits agricoles n'est pas limitée aux seuls produits d'alimentation : le coton est en tête de liste, avec

120 pour cent d'augmentation, suivi par le caoutchouc, avec 80 pour cent. La question, comme toujours, est de trouver le responsable de ces hausses : s'agit-il d'un déséquilibre entre l'offre et la demande, ou d'un effet de la spéculation financière ? La confiance n'étant pas revenue sur les marchés d'actions ou d'obligations, l'argent qui cherche à se placer se serait reporté sur les marchés de matières premières.

Les discussions font rage entre les spécialistes. Personnellement, je pencherai plutôt pour la première solution. En raison des conditions climatiques, la récolte a été moins abondante que prévu partout dans le monde, dans un contexte de croissance de la demande, la Chine et l'Inde changeant leurs habitudes alimentaires, et de la population. Cette année, la planète franchira le cap des sept milliards d'habitants. On en était à six milliards en 1999, voilà 12 ans. Cela s'appelle une croissance exponentielle. ■

Ivar EKELAND est professeur d'économie.

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Les plantes, des épurateurs de l'air intérieur ?

Pour dépolluer locaux et appartements, les plantes n'ont pas encore fait leurs preuves.

Damien CUNY

Nous passons près de 90 pour cent de notre temps dans des locaux fermés. Or l'air de ces environnements contient divers polluants en concentration d'autant plus élevée que ces locaux sont calfeutrés. Comment lutter contre cette pollution intérieure ? Certains ont proposé d'utiliser des épurateurs végétaux. Voyons en quoi consiste cette méthode de purification de l'air et dans quelle mesure elle peut être efficace.

Les polluants présents dans les habitations sont issus des combustions, des

matériaux d'ameublement ou de construction qui relarguent plus ou moins longtemps des composés volatils utilisés lors de leur fabrication, tel le formaldéhyde, auxquels s'ajoutent des molécules contenues dans la fumée de cigarette (goudrons, aldéhydes, phénols, etc.), des produits d'entretien et de bricolage (le benzène par exemple), etc.

Ces polluants ont des effets à court et à long terme sur la santé, tels qu'irritations des muqueuses, troubles respiratoires, voire cancers, même si l'on ignore souvent quelles sont les doses toxiques et s'il existe des

seuils de toxicité. Les autorités sanitaires, puis le grand public en ont pris conscience : par exemple, l'air intérieur fait l'objet de plusieurs mesures phares du deuxième Programme national santé environnement. Les solutions consistent d'abord à maîtriser les sources de polluants et à aérer régulièrement les lieux pour renouveler l'air. Que peuvent apporter de plus les végétaux ?

Dans les années 1980, les agences spatiales américaine et soviétique ont cherché à utiliser des plantes pour épurer l'air de véhicules spatiaux et de stations orbi-

tales. Différents dispositifs expérimentaux faisaient passer l'air à travers un substrat de plantes, un sol constitué de matières minérales et organiques, éventuellement enrichi en substances adsorbantes, tel le charbon actif.

Dans ces systèmes dits actifs, ou de bio-filtration, les plantes stimulent et entretiennent les micro-organismes du sol en sécrétant par leurs racines des molécules organiques utiles au métabolisme microbien. Les polluants, tels le benzène ou le

1 000 litres, et on les expose durant quelques heures à un polluant gazeux, tel le benzène ou le monoxyde de carbone. Les concentrations en polluants sont souvent supérieures à celles rencontrées dans les bâtiments, et divers paramètres tels que la température, l'humidité ou l'éclairage sont maintenus constants.

Lors de ces tests en laboratoire, les concentrations de polluants peuvent être réduites fortement, par exemple de 100 pour cent pour le monoxyde de carbone. Toutefois, ils ne sont pas représentatifs de la complexité des situations rencontrées dans les locaux, où les polluants se mélangent, où les sources d'émission sont nombreuses et la ventilation plus ou moins efficace.

En fait, les systèmes d'épuration par les plantes, qu'ils soient actifs ou passifs, ont été peu testés dans des environnements réels. D'après les premiers résultats issus de quelques travaux rigoureux disponibles, dont ceux – toujours en cours – réalisés depuis 2004 dans le cadre du programme PHYTAIR par des équipes du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) de Nantes et de la Faculté de pharmacie de Lille, le rendement d'épuration des plantes utilisées en conditions réelles est... inférieur à celui de l'aération !

Pour l'heure, il n'existe donc pas de dispositif végétal capable d'abaisser notablement la concentration des polluants intérieurs. Limiter les sources de polluants et aérer les locaux restent les stratégies les plus efficaces à cette fin.

Néanmoins, les rôles des racines, des micro-organismes associés et du substrat des systèmes actifs et passifs méritent d'être mieux étudiés. Quelle que soit la technique, elle devra faire l'objet d'essais normalisés afin que son efficacité réelle soit quantifiée, y compris vis-à-vis d'expositions prolongées à des mélanges « réels » de polluants faiblement concentrés dans l'air intérieur.

Damien CUNY est professeur à la Faculté de pharmacie de Lille où il est aussi chercheur au Laboratoire des sciences végétales et fongiques.
http://www.appanpc.fr/Pages/article_recherche.php?art=392

LIMITER LES POLLUANTS

et aérer les locaux restent les stratégies les plus efficaces.

trichloréthylène, sont alors fixés par les particules du substrat et sont dégradés par la microflore, entièrement ou partiellement selon le polluant. La diminution des polluants obtenue en laboratoire est parfois très importante. Ainsi, la concentration de l'air en trichloréthylène est réduite de 100 pour cent par biofiltration à travers un substrat planté de scindapsus doré (*Scindapsus aureus*), une plante d'appartement d'origine tropicale.

Reste que différents points nécessitent d'être étudiés, en particulier l'évolution du substrat : en se colmatant avec le temps, il devient moins efficace, car l'air y circule moins bien, et la croissance des micro-organismes est inhibée s'il s'assèche. Il faut aussi vérifier si des polluants secondaires se forment dans le substrat et évaluer le rendement final du traitement.

On s'intéresse également de plus en plus aux systèmes « passifs » que sont des plantes en pot. Dans ce cas, les polluants sont absorbés au niveau des feuilles, par la cuticule et les pores de transpiration, les stomates, et par la couche superficielle du substrat, que l'air pollué traverse.

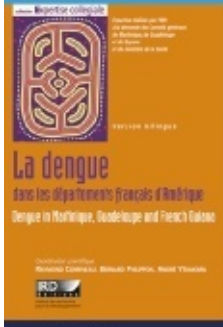
Ces systèmes passifs ont été testés en laboratoire dans des conditions parfois différentes d'une étude à l'autre, ce qui rend les comparaisons difficiles. Mais le principe est le même : on place des plantes, par exemple le pothos ou la plante araignée (*Chlorophytum comosum*) dans nos travaux, dans une enceinte en verre de 1 à


Institut de recherche pour le développement

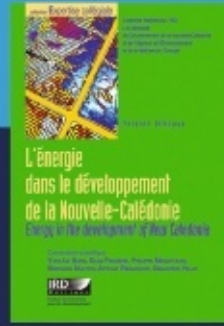
Un éditeur pour le développement



Sociétés, environnements, santé
N. VERHAZEAUCHI, M.-E. GRUENAN, D. BLEY
364 p. 38 €



La dengue dans les départements français d'Amérique
R. CORNIEAU, B. PHILIPPON, A. YEBAKIMA
208 p. 15 €



L'énergie dans le développement de la Nouvelle-Calédonie
Y. LE BARS, E. FAUGÈRE, P. MENANTEAU, B. MOUTON, A. REDACKER, S. VEUT
472 p. 15 €



Le Rift est-africain
B. HIRSCH, B. ROUAMEL
424 p. 45 €

En vente dans toutes les librairies et par correspondance : IRD Diffusion
32, av. Varagnat - F 93143 Bondy cedex
Tél : 01 48 02 56 49 Fax : 01 48 02 79 09
diffusion@ird.fr
www.ird.fr

VRAI OU FAUX

Naît-il plus de garçons que de filles ?



Shutterstock/Monkey Business Images

Oui, mais on ignore pourquoi. La différence a l'avantage de compenser la mortalité des garçons avant l'âge adulte, supérieure à celle des filles.

Jean-Marc ROHRBASSER

Aurons-nous un garçon ou une fille ? La probabilité d'engendrer un enfant de l'un ou l'autre sexe est-elle la même ? Ces questions, que beaucoup de couples se posent, sont depuis longtemps objet de curiosité et de recherche.

Le rapport du nombre de naissances masculines à celui des naissances féminines – ou rapport de masculinité à la naissance – est une donnée universelle : il naît environ 105 garçons pour 100 filles. Il est donc vrai que, hors toute intervention d'une quelconque politique concertée, il naît un peu plus de garçons que de filles. Pour quelles raisons ?

En 1662, le démographe anglais John Graunt observe que, de 1628 à 1662, on a baptisé à Londres 139 782 garçons et 130 866 filles (soit 107 naissances de garçons pour 100 de filles), mais il se refuse à émettre des hypothèses explicatives. Il recommande d'interroger les voyageurs pour savoir si le phénomène est observé ailleurs.

En 1710, le médecin anglais John Arbuthnot aborde la question d'un point de vue probabiliste et... théologique. Il suppose qu'une parité des sexes doit exister lorsque les individus atteignent l'âge de se marier. Or à la puberté, les garçons mettent plus leur vie en danger que les filles et ils décèdent en plus grand nombre. Selon l'argument théologique, la nature, gouvernée par la providence divine, répare cette perte en faisant naître un peu plus de garçons que de filles, et ce, dans une proportion presque constante. Arbuthnot utilise 82 années de naissances à Londres, pendant lesquelles le nombre de naissances

masculines a toujours été supérieur, et montre par le calcul que ce phénomène ne peut être dû au hasard. Cette preuve arithmético-théologique est reprise tout au long du XVIII^e siècle et s'enrichit de nombreuses données démographiques venant confirmer le phénomène. Plusieurs causes sont invoquées à l'époque : le différentiel de risque entre les sexes, la situation géographique et climatologique (la chaleur augmenterait les chances d'avoir un garçon), la confession religieuse...

Un fait avéré, sans cause identifiée

Au milieu du XX^e siècle, le sociologue français Maurice Halbwachs en ajoute quelques-unes, dont aucune n'a été validée : des facteurs biologiques (le sexe serait déterminé dans les chromosomes, et non par une combinaison différente de chromosomes sexuels, ce qui est faux), l'état physique et l'alimentation des parents (la quantité de nourriture dont dispose l'embryon *via* la mère), leur âge – celui du père seul, de la mère seule ou de l'un et de l'autre au moment de la conception, la différence d'âge pouvant être un facteur déterminant –, la légitimité ou l'illégitimité de la naissance – la proportion des naissances masculines illégitimes serait un peu plus faible –, et les variations selon le mode de vie, rural ou urbain (il y aurait plus de filles en ville).

Fait intéressant : une étude de la fin du XX^e siècle montre qu'en Europe, il vaut mieux vivre dans un pays du Sud pour avoir un garçon, l'inverse étant vrai en Amérique du Nord.

Cette analyse tord le cou à l'ancien argument selon lequel les chances d'avoir un garçon augmentent dans les pays chauds. Les démographes actuels posent en principe que la valeur du rapport de masculinité à la naissance dépend du rapport de masculinité à la conception et de la mortalité différentielle intra-utérine. Or ces facteurs sont difficiles à mesurer. Les garçons semblent plus fréquemment conçus au début et à la fin du cycle menstruel, et les variations hormonales pourraient influencer sur le sexe de l'embryon conçu.

Aujourd'hui, on ignore encore pourquoi le rapport de masculinité à la naissance est supérieur à un. Toutefois, les chercheurs examinent si le sexe de l'enfant est lié à l'âge des parents et au rang de naissance, la proportion de naissances masculines diminuant à mesure que ce rang augmente. Les rôles des saisons et de l'intervalle entre les naissances sont également étudiés. On se demande aussi si chaque naissance est un événement biologique indépendant : une naissance n'influence-t-elle pas la suivante ?

En outre, les registres patronymiques révèlent que, dans certaines familles, les garçons sont plus nombreux ; dans d'autres, ce sont les filles. Y aurait-il donc une composante héréditaire dans le différentiel des sexes ? Enfin, on devrait explorer une piste suggérée dès le XVIII^e siècle : retrouve-t-on chez certains animaux cette légère prédominance des naissances masculines ? ■

Jean-Marc ROHRBASSER est chargé de recherche et directeur des collections de l'Institut national d'études démographiques (INED), à Paris.