

dent à des contagions d'amas de grande taille : un grand nombre d'opérateurs est concerné. La crise est due simplement à la convergence des anticipations, et non à un événement extérieur au marché, comme une annonce d'un résultat économique. Quand une certaine valeur critique est dépassée, le système bascule. Quand le climat d'incertitude du marché devient trop grand, on arrive à des situations où chacun peut quasi simultanément prendre une position acheteuse ou vendeuse. Il y a alors une polarisation des anticipations, et on dit que le marché *percole*.

La percolation du marché s'analyse avec des modèles de type «feux de forêts». L'existence de vagues de panique laissant derrière elles des espaces vacants, les opérateurs non contaminés étant regroupés en «amas», est analogue à la diffusion des incendies en forêt.

Après un certain temps, la réalité reprend ses droits : le jour où l'on publie le résultat de l'entreprise, le marché revient à la valeur réelle de l'action. Quand la bulle éclate, le saut résultant entre la valeur réelle et la valeur anticipée est trop grand pour être calibré par loi de Gauss : cette loi n'est pas adaptée à la prise en compte des bulles et de leur éclatement.

UNIFICATION THÉORIQUE DES GRANDES ET DES PETITES FLUCTUATIONS

Benoît Mandelbrot, par ses travaux sur les variations des prix économiques et spéculatifs, a cherché à rendre compte du caractère commun des fluctuations, quelle que soit leur taille. En cela, son approche s'écarterait de la théorie classique qui séparait la tendance du bruit. Les deux modèles de B. Mandelbrot (1963 et 1965) ont décrit les grandes fluctuations et les persistances spéculatives haussières ou baissières, au moyen de lois stables de Lévy et de mouvements browniens fractionnaires : les fractales, dont B. Mandelbrot a prédit l'applicabilité aux phénomènes économiques et boursiers. On peut par une formule lapidaire résumer la caractéristique du marché selon B. Mandelbrot : le marché est très calme, sauf quand il bouge beaucoup. B. Mandelbrot suggérait de passer d'une conception des marchés fondée sur l'équilibre et la rationalité, conception issue de la physique classique, à une conception qui donnerait plus d'importance à la turbulence et à l'instabilité : la physique des systèmes complexes.

Les progrès de l'informatique et l'augmentation de la disponibilité de la puissance de calcul, comme de l'ensemble des données disponibles, ont permis de

faire apparaître, grâce aux données de haute fréquence (relevé des cotations heure par heure, minute par minute) des phénomènes qui n'étaient pas observés jusqu'alors, et qui ont validé partiellement les intuitions de B. Mandelbrot : par exemple, des corrélations à longue portée ou des structures discontinues. Il n'en reste pas moins que certains phénomènes ne sont pas encore décrits : par exemple, il n'existe pas de théorie reliant les prix et les volumes de transactions. Les séries chronologiques des prix sont étudiées sans référence à la profondeur et à la liquidité du marché. N'est-ce pas réducteur pour la compréhension des bulles spéculatives ?

UNE CONTAGION LOGICIELLE ?

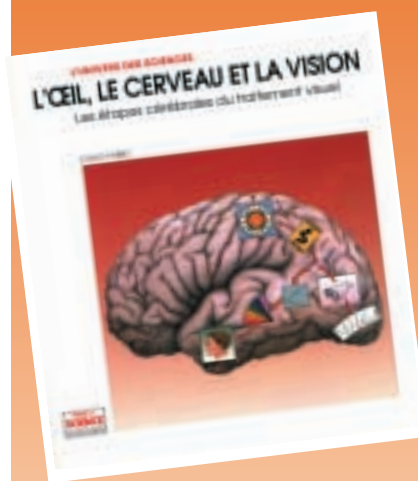
Simultanément, de la même manière que l'informatique permettait une meilleure caractérisation du comportement des marchés boursiers, se sont élevées des voix pour dire que l'informatique était aussi à l'origine des bulles spéculatives qu'elle observait mieux. Il s'agit de la question des programmes automatiques d'achat et de vente de titres, en fonction de filtres de variations données. Les stratégies automatisées ont-elles créé par «contagion logicielle» le krach de 1987 ? Nombre de tests ont porté sur des filtres d'intervention : si un cours a trop monté ou trop baissé par rapport à un niveau hypothétique, un seuil, alors le logiciel, ordonne ou déclenche l'ordre de vente ou d'achat. En fait, ces filtres ne sont pas stables, et aucun automatisme ne peut remplacer l'intuition humaine. B. Mandelbrot a montré en 1965 que les techniques des filtres, dès l'instant où des mécanismes non gaussiens régissent les marchés, étaient voués à l'échec. Aussi, le rôle de l'automatisation des ordres dans les bulles spéculatives n'est pas aussi clair que ses détracteurs le laissaient entendre.

La géométrie fractale de B. Mandelbrot représente-t-elle «l'avenir indépassable de la modernité» financière ? Question à laquelle aucun conjecturiste ou actuaire ne pourrait répondre, tant sont variées les voies actuelles en finance théorique.

Christian WALTER est actuaire au Crédit Lyonnais, membre agrégé de l'Institut des Actuaire Français et chargé de cours à l'ESSEC.

Ce texte est la retranscription du débat enregistré avec Émile Noël au Palais de la Découverte, qui sera diffusé sur France Culture le 3 juillet 1996, à 9 heures.

L'UNIVERS DES SCIENCES



L'ŒIL, LE CERVEAU ET LA VISION

L'œil est un avant-poste du cerveau : lorsque nous regardons une scène, la lumière bombarde, dans notre rétine, plus de 100 millions de cellules photoréceptrices ; celles-ci convertissent l'énergie lumineuse en signaux électriques qui sont envoyés vers les aires visuelles de notre cerveau.

240 pages – 185 F

Code 1867

**POUR LA
SCIENCE**
DIFFUSION BELIN

Bon de commande en p. 98

Turpin, chimiste... et excentrique

GEORGES BRAM • NGUYEN TRONG ANH

Inventeur d'un explosif efficace, il fut emprisonné injustement, et en perdit l'esprit.

Eugène Turpin fut un chimiste autodidacte talentueux, un écrivain prolifique autant qu'exalté et, bien malgré lui, un personnage de Jules Verne. Né à Paris, en 1848, dans une famille de petits commerçants, il travaille chez un dentiste dès la fin de ses études primaires pour gagner sa vie. Simultanément, il suit les cours du soir du Conservatoire des arts et métiers et ceux de l'Association philotechnique.

Après la guerre de 1870, il ouvre un atelier de fabrication de dentiers, puis de jouets en caoutchouc vulcanisé et découvre la chimie : les matières colorantes alors utilisées pour la teinture des jouets contiennent des sels de plomb et de mercure dont la toxicité détermine plusieurs pays, notamment l'Allemagne, à interdire l'importation des jouets de fabrication française.

Turpin met alors au point, à partir de dérivés du goudron de houille, des colorants inoffensifs, adaptés à l'industrie des jouets ; l'innocuité de ces produits est reconnue par l'Académie des sciences en 1877, et leur inventeur reçoit, pour ces travaux, la médaille d'or et de platine de la Société d'encouragement, et l'Académie des sciences lui décerne un

prix. En 1878, ses produits obtiennent un grand succès au Congrès international d'hygiène de Paris.

Puis, Turpin s'intéresse aux industries liées à l'armement, domaine particulièrement soutenu par les pouvoirs publics pendant ces années où l'on prépare la «revanche», après la défaite de 1870. En 1881, il présente un nouveau système de canon à tir rapide reculant sur son affût (contrairement aux canons précédents, le bâti supportant le canon ne bouge plus) ; son invention sera refusée par l'armée, mais son inventeur prétendra qu'elle a été le modèle de ce qui deviendra, 13 ans plus tard, le canon de 75... Nouvel exemple de récupération industrielle ou affabulation du découvreur ?

Turpin a davantage de succès dans le domaine des explosifs et des bombes. En 1881, il prépare de nouveaux mélanges explosifs, les panclastites (mélange de peroxyde d'azote ou d'acide nitrique concentrés avec un combustible liquide) et surtout, en 1885, la mélinite, c'est-à-dire de l'acide picrique, stable sous forme fondue. Il met au point un détonateur pour cet acide picrique. L'inventeur traite avec l'État, reçoit 250 000 francs et la Légion

d'honneur. La mélinite sera, durant la Première Guerre mondiale, un des explosifs les plus puissants utilisés par l'artillerie française

EN PRISON, À ÉTAMPES

En 1889, Turpin constate que son invention est proposée à une société anglaise par un capitaine d'artillerie territoriale, Triponé. L'année suivante, il dénonce cette trahison qui le spolie de ses droits dans un ouvrage intitulé : «Comment on a vendu la mélinite». Ce brûlot fait grand bruit : Triponé et deux de ses complices sont reconnus coupables de trahison, et condamnés pour avoir vendu aux Anglais un secret d'État.

Quant à Turpin, il est victime de l'atmosphère de défiance et d'espionnage qui règne alors et qui est entretenue par diverses affaires d'espionnage, où interviennent des militaires ou des employés du ministère de la Guerre. Il est poursuivi, accusé d'avoir «divulgué des secrets intéressant la défense nationale», dans son livre. Jugé à huis clos, il est condamné, en 1891, à cinq ans de prison !

Turpin est emprisonné, mais il a des défenseurs hors de sa prison, au parlement et dans la presse qui s'empare de l'affaire, généralement en défendant Turpin. Une campagne de presse en sa faveur commence au début de l'année 1893 : dans son numéro du 23 janvier, le supplément illustré du *Petit Journal* publie, sous le titre «Récompense nationale!» Turpin, les fers aux pieds dans sa prison, songeant aux exploits que l'armée française va réaliser avec sa mélinite !

Le 8 avril, à la veille de la grâce présidentielle dont bénéficie Turpin, le même journal publie en pleine page «La prison d'Étampes» où se trouve encore «M. Turpin, ce martyr». «Le Pilori»



Turpin fait la première page du supplément illustré du *Petit journal*, du 18 juin 1894.



Largement glorifié dans les journaux, Turpin l'est également sur des cartes postales. Il est présenté ici dans son laboratoire, avec pour légende : «Le célèbre inventeur de la mélinite».



Turpin est emprisonné dans la prison d'Étampes (en haut à gauche), car il est accusé d'avoir divulgué un secret d'état : dans un de ses livres, il donne la composition de la mélinite et décrit le détonateur qu'il a mis au point. Or, il avait écrit ce livre pour prouver que son invention avait été vendue aux Anglais par un traître, un capitaine d'artillerie. Le *petit Journal* prend parti pour Turpin en le représentant dans sa cellule et en sous-titrant l'illustration ci-dessus «Récompense nationale!» Quand Turpin est gracié, Le *Pilori* publie une illustration «Le cauchemar de M. de Freycinet» : le ministre de la guerre regarde, furieux, Turpin quitter sa prison (en bas à gauche).

célèbre en première page « La grâce de Turpin » en le montrant dans sa cellule entouré d'ustensiles de chimie et rêvant aux exploits de nos troupes ; dans la même page, « Le cauchemar de M. de Freycinet », alors ministre de la Guerre, illustre la dimension politique qu'a pris cette affaire.

Le *Journal Illustré* commente la grâce présidentielle en publiant le 23 avril un article accompagné d'un portrait de Turpin. Le *Petit Journal* du 29 avril consacre sa première page, sous le titre « Première heure de liberté », à la sortie de Turpin de la prison d'Étampes : il y aura passé près de deux ans. Eugène Turpin sera réhabilité en 1901, mais il n'aura de cesse, jusqu'à sa mort en 1927, de réclamer aux pouvoirs publics la

révision de son procès et la réparation de la spoliation dont il s'estime victime.

LES DÉLIRES DU MARTYR

En 1907, il publie un volumineux mémoire intitulé « Demande en révision ou annulation de procès et traité. Pour la patrie. Comment on m'a volé la mélinite en trahissant la France. Plainte-requête aux pouvoirs publics et à la nation »... Dans cet ouvrage, au ton souvent incantatoire, Turpin n'hésite pas à comparer son cas à l'affaire Dreyfus. Il estime que l'iniquité dont il a été victime est en fait plus grave que les torts subis par le capitaine alsacien. Il écrit, même, au détour d'une ligne, que toute l'affaire Dreyfus n'aurait été déclenchée que pour faire diversion à la sienne !

Turpin n'a pas supporté son incarcération à Étampes. Il y rédige deux ouvrages *L'Univers. La formation des mondes.* et *L'Univers. La cause des phénomènes*, qui lui vaudront d'être classés parmi les « fous littéraires » dans l'anthologie de l'auteur belge

André Blavier. Ces deux ouvrages figureront aussi dans la bibliothèque de Raymond Queneau, dont le catalogue, établi par Gérard Oberlé, a été publié sous le titre « Fous à lier, fous à relier. Excéntriques, fous littéraires, autodidactes, bizarres et autres ».

La formation des mondes est, selon Turpin, un ouvrage de cosmogonie très générale, où « d'étonnantes révélations » sont annoncées. L'auteur y dévoile, entre autres formulations aussi précises qu'inattendues, que, pour obtenir un « gramme de calorique », il faut brûler 500 000 milliards de tonnes de houille, ou qu'une calorie occupe un volume de un mètre cube ; on y apprend également que la lumière émise par le Soleil en 102 millions d'années augmente le poids de la Terre de un kilogramme par mètre carré.

Il affirme avoir déterminé « le poids de la lumière, de la chaleur de l'électricité et du magnétisme » au terme d'études pour lesquelles il a sacrifié ses « loisirs de prisonnier d'État pour délit de patriotisme et de probité ».

Dans *La cause des phénomènes*, il écrit que « le Soleil n'est rien d'autre qu'une immense pile pyro-électrique [...], que les marées sont produites par un phénomène d'induction mutuelle magnéto-électrique », phénomène pour lequel il dépose un brevet ; il affirme que « les chemins de fer, l'électricité et des milliers de choses que nous ne



Le paratomado est l'une des « inventions » fantaisistes de Turpin : l'explosion de charges de mélinite placées en haut de pylônes (au centre) devait détruire les cyclones qui endommagent les villes américaines.



connaissions pas encore, ont été mises en œuvre sur la Lune, alors que la Terre était encore en feu».

LE PARATORNADO

Dans la partie du livre consacrée à la météorologie, Turpin décrit les ravages provoqués aux États-Unis par les cyclones, et imagine une installation, qu'il nomme le *Turpin's paratornado*, qui doit faire exploser les tornades et protéger ainsi les villes américaines exposées. Pour ce faire, il propose d'installer, à proximité de ces villes, un réseau de pylônes de 30 à 40 mètres de hauteur, terminés par une plate-forme qui porterait une charge de 200 kilogrammes de mélinite et un de ses détonateurs. L'explosion des charges de mélinite désintégrerait les cyclones et protégerait les villes menacées. Dès 1884, il envoie au journal *New York Herald*, un projet de paratornado, accompagné d'une notice explicative ; n'ayant pas reçu de réponse, il en conclut que sa lettre a dû s'égarer dans les bureaux du journal !

Les deux ouvrages de Turpin révèlent le caractère mégalomane et paranoïaque de l'auteur, mais aussi une culture scientifique et historique abondante, exacte et pertinente. De surcroît, Turpin, autodidacte, a des connaissances solides sur l'histoire de la chimie.

En 1896, Turpin rencontre Jules Verne à l'occasion de la publication de *Face au drapeau*. Dans ce livre, Jules Verne fait le portrait de Thomas Roch, chimiste français, savant incompris, inventeur d'un explosif, le Fulgurateur, assez puissant pour détruire la planète ; devenu fou, il se suicide en faisant exploser son Fulgurateur.

Sorti de prison depuis moins de trois ans, Turpin était très affecté par l'injus-

tice dont il avait été la victime. Il se reconnaît immédiatement dans le personnage de Thomas Roch qui fait les mêmes découvertes que lui et connaît les mêmes déboires avec les autorités militaires. L'ouvrage contient plusieurs mentions explicites à Turpin et à la mélinite, et l'auteur souligne même : « Il [Roch, alias Turpin] s'était vu exploiter avec une rare audace. N'ayant pu en retirer le bénéfice qu'il devait équitablement attendre, son humeur avait commencé à s'aigrir ».

TURPIN ET JULES VERNE

Turpin intente alors un procès en diffamation à Jules Verne, dont l'avocat est Raymond Poincaré, le futur président de la République. Jules Verne et son défenseur nient que le personnage de Thomas Roch ait été inspiré par Turpin, mais sont obligés de reconnaître certaines allusions. Pourtant, Jules Verne écrivant à son frère Paul, nomme son roman « le Turpin »..., mais ces lettres ne seront connues qu'ultérieurement.

Turpin est débouté en première instance, puis en appel, et condamné aux dépens. Les juges reconnaissent que « Jules Verne s'est inspiré de la personnalité et des actes de Turpin », mais considèrent que ceci ne traduit pas chez l'écrivain une intention de nuire au chimiste. Le jugement, très favorable à Jules Verne s'achève ainsi : « Attendu qu'une telle fin [l'ilot où se trouve Thomas Roch est détruit, et le héros retrouve la raison face au pavillon français... d'où le titre du roman] peut servir d'exemple ; qu'il est peu probable qu'en faisant mourir son héros par patriotisme Jules Verne ait pensé à Turpin ; mais que, s'il en était ainsi, celui-ci, loin de se plaindre, ne pourrait qu'être fier qu'on l'ait cru capable d'un pareil dévouement à son pays ; par ces motifs le Tribunal renvoie Jules Verne des fins



Malgré ses démêlés avec la justice, Turpin est apprécié, et figure souvent en bonne place dans les journaux. Encore en 1915, alors qu'il a 67 ans, il fait la première page (*ci-contre*) de l'hebdomadaire *Le miroir* : « Une visite officielle : l'inventeur Turpin sur le front. L'infatigable chercheur qui découvrit la mélinite et auquel notre artillerie doit une large part de ses succès, est allé rendre visite à nos soldats. Le voici conversant avec des officiers et des sous-officiers ». Turpin proposera deux modèles pour la croix de guerre (*ci-dessus*), mais ils ne seront pas retenus.

de la plainte, et condamne Turpin aux dépens ». Ce nouveau déni de justice renforce évidemment chez Turpin la conviction que la société continue à le persécuter ; cela n'améliore pas son caractère.

Il réapparaît dans la presse populaire pendant la Première Guerre mondiale. *Le Miroir*, hebdomadaire spécialisé dans les reportages photographiques, fait sa couverture, le 14 février 1915, d'une photographie montrant « l'infatigable chercheur qui découvrit la mélinite et auquel notre artillerie doit une large part de ses succès » conversant sur le front avec des militaires. En avril 1915, le même journal montre les deux projets que Turpin, aux talents éclectiques, avait proposés pour la croix de guerre dont la création venait d'être votée ; c'est un autre modèle qui sera adopté.

Turpin reste très populaire et ses activités seront illustrées par de nombreuses cartes postales. En 1919, l'hebdomadaire *Sciences et Voyages* propose aux jeunes, dans le cadre d'un concours, de désigner les cinq plus grands savants français en vie, et Turpin figure parmi les personnalités proposées par le journal. À sa mort, en 1927 à Pontoise, des notices nécrologiques lui sont consacrées dans de nombreux journaux.

Georges BRAM travaille à l'Institut de chimie moléculaire d'Orsay, et dans le Groupe d'histoire et de diffusion des sciences d'Orsay. **NGUYEN TRONG ANH** travaille au Département de chimie de l'École Polytechnique.

Eugène Turpin est l'un des personnages de l'exposition itinérante « Humour et cornues, graphismes acides et chimie souriante », où sont rassemblés des documents de la presse illustrée de la fin du XIX^e siècle (du 23 septembre au 31 octobre, au CNRS, à Paris ; du 1^{er} au 31 décembre, à l'École Polytechnique, à Palaiseau...).

Alimentation curative

Nos cousins primates choisissent leur alimentation en fonction de leurs besoins.

Pour les Grecs, les Barbares étaient ceux qui ne changeaient pas de régime alimentaire quand ils étaient malades. Au Laboratoire d'écologie générale du Muséum, à Brunoy, Claude Marcel Hladik et ses collègues démontrent que les singes seraient proches du monde civilisé : dans certaines circonstances, ils mangent des plantes contenant des alcaloïdes ou de la terre, afin de conserver un régime alimentaire équilibré, voire de traiter des troubles intestinaux.

Les réactions des primates aux solutions sucrées sont sans doute le plus frappant de leur adaptation : plus les animaux sont gros, mieux ils détectent les sucres. Apparemment les gros animaux, repérant mieux les aliments sucrés que les autres, peuvent se procurer davantage d'énergie. Une exception à cette règle qui prévaut tant pour les frugivores que pour les herbivores est le loris *Nycticebus coucang*, peu sensible au sucre ; est-ce parce qu'il doit simultanément tolérer le goût âcre des insectes et d'autres proies que d'autres singes ne tolèrent pas ?

L'homme, du point de vue de son seuil de perception des produits sucrés, est un primate normal : notre masse corporelle est notable, et nous sommes très sensibles au goût sucré. Néanmoins cette base biologique est modulée par l'environnement : les seuils de perception du glucose et du saccharose diffèrent chez les habitants des forêts tropicales et chez ceux des savanes, par exemple. Ainsi les pygmées, qui occupent des forêts où la concentration en sucre dans les fruits est élevée, ont une sensibilité aux goûts sucrés inférieure à celle des populations qui vivent dans les savanes, dont les plantes contiennent moins de sucre.

Les tests de sensibilité aux édulcorants éclairent ces études. Pour notre espèce, la monelline, une protéine présente dans les baies rouges de la liane africaine *Dioscoreophyllum cumminsii*, est 100 000 fois plus sucrée que le saccharose. Mais cette même monelline, dont les primates non humains d'Afrique identifient le goût, n'est pas perçue par les primates américains. La même différence existe pour la thaumatine, une protéine édulcorante

extraite du fruit d'une autre plante africaine *Thaumatococcus daniellii*. La retrouvera-t-on également pour la brazzéine, identifiée en 1994 dans la liane *Pentadiplandra brazzeana* ?

La différenciation des protéines réceptrices des papilles se produit probablement depuis 30 millions d'années, après la séparation des singes platyrrhiniens, dans le Nouveau Monde, et catarrhiniens, dans l'Ancien Monde. Dans leurs environnements respectifs, ces animaux ont trouvé des plantes différentes, avec lesquelles ils ont évolué, puisqu'ils en consommaient les fruits, tout en en dispersant les graines. En Amérique, où l'on n'a pas encore isolé d'édulcorant végétal, la coévolution devrait avoir fait apparaître des molécules originales, qui devraient être sans goût sucré pour les singes de l'Ancien Monde.

On savait depuis plusieurs décennies que les vertébrés pouvaient détecter le chlorure de sodium, et le rechercher en cas de carence : on connaît le cas des

chevaux, qui ne lèchent les pierres à sel qu'en cas de besoin, et les études de rats carencés ont confirmé ces observations. Dans le milieu naturel et, notamment, dans les forêts, les carences en sel sont rares, mais, en 1978, le biologiste américain John Oates a observé que les singes *Colobus guereza*, qui, timides, restent généralement dans les frondaisons, descendent au sol pour manger les feuilles d'*Hydrocotyle ranunculoides*, qui pousse dans les mares ; or cette plante contient plus de sel que les autres.

MÉDECINE NATURELLE

D'autres primates mangent de la terre sans souffrir de carence en sel : le sol mangé par *Colobus satanas* (un autre colobe qui vit dans la forêt du Gabon) contient moins de sel que les fruits de son alimentation, mais cette consommation a lieu pendant les deux périodes de l'année où l'animal doit compléter son alimentation avec des feuilles très développées (le reste du temps les singes utilisent des jeunes pousses et des jeunes feuilles, ainsi que des fleurs, des fruits et des graines) ; or les feuilles âgées contiennent des polyphénols, ou tannins, qui inhibent la digestion des protéines en formant des complexes avec ces dernières. Comme l'argile et d'autres composés du sol sont de bons absorbants des tannins, on explique la géophagie comme une compensation de l'absorption des tannins. De tes aliments tu feras ta médecine, disait Hippocrate. Nos ancêtres singes lui auraient-ils soufflé l'idée ?

Souvent l'aversion pour les saveurs amères permet d'éviter l'ingestion d'alcaloïdes dangereux, ainsi que de composés astringents tels que les tanins, les terpènes, les saponines et les acides forts. Toutefois tous les composés toxiques ne sont pas amers : la dioscine, alcaloïde létal de l'igname *Dioscorea dumetorum* est presque sans goût. Le règne animal est protégé par le phénomène de néophobie, c'est-à-dire la peur de manger ce qui est nouveau, et par un conditionnement des symptômes postingestifs provoquant l'apparition d'une aversion (observée chez le rat et chez les primates). Inversement on connaît des cas de chimpanzés qui se guérissent en mangeant la plante amère *Vernonia amygdalina*, généralement évitée par les animaux en bonne santé. Cette plante contient plusieurs glycosides stéroïdiens, qui sont efficaces dans le traitement des troubles gastro-intestinaux.

Hervé This



Cette femelle chimpanzé, dans une forêt du Gabon, pèle une tige d'une liane marantacée *Hypselodelphis violacea* pour en extraire un jus qui apporte des acides aminés indispensables.

Prochain rendez-vous **France Info et Pour la Science**, le 30 juillet 1996, avec la chronique **Info Sciences** de Marie-Odile Monchicourt.