

Métayage et fermage

En Italie au XVI^e siècle, selon que vous étiez puissants ou misérables, vous aviez tendance à choisir le fermage de plantations céréalières ou le métayage des vignes.



Il était une fois une péninsule économiquement prospère, mais politiquement divisée. Pendant de nombreuses années, elle s'était déchirée en guerres intestines, mais un équilibre avait enfin été trouvé autour de quatre ou cinq nations de taille moyenne et d'une poussière d'états plus petits. Il s'en était suivi un demi-siècle de développement économique sans précédent, ses marchands, ses banquiers et ses artistes étaient présents aux quatre coins du monde, mais elle n'en avait pas profité pour construire une union politique. Le monde était alors dominé par deux superpuissances : elle devint le théâtre de leur conflit, et elle tomba entre les mains de l'une d'elles, perdit son indépendance et sa prospérité, et disparut de la scène internationale pour plusieurs siècles.

Non, il ne s'agit pas de l'Europe du XXI^e siècle, mais de l'Italie du XVI^e. À la mort de Laurent le Magnifique, en 1493, Florence est une république puissante, et le théâtre d'une renaissance politique, scientifique et culturelle dont Machiavel, Galilée et Michel-Ange sont les plus illustres représentants. Cinquante ans après, Florence n'est plus qu'un duché d'opérette entre les mains des Médicis, dans une Italie dominée par Charles Quint. De sa grandeur passée, il reste le cadre artistique et les leçons de l'histoire, que les Européens d'aujourd'hui ne veulent visiblement pas tirer.

Heureusement, les économistes ont recherché les vieux parchemins pour mieux comprendre les comportements d'aujourd'hui. La théorie moderne des contrats repose sur deux concepts fondamentaux : le partage des risques, et l'asymétrie d'information. Prenons le cas des contrats agricoles, où un propriétaire citadin loue sa terre à un exploitant. Ils se rangent en deux catégories : le métayage et le fermage. Dans le cas du fermage, l'exploitant verse un loyer fixe au propriétaire, et garde toute la récolte. L'incitation au travail pour l'exploitant est alors maximale (il conserve tout le fruit de ses efforts), mais c'est lui qui porte tout le risque : en cas de mauvaise récolte, le revenu du propriétaire est assuré. Dans le cas du métayage, on partage la récolte. Ce faisant, on partage aussi le risque, mais on diminue d'autant l'incitation de l'exploitant à travailler. Il y a eu beaucoup de développements théoriques sur cette question, et on conçoit

que le contrat optimal pour le propriétaire dépende des caractéristiques de celui-ci, de l'exploitant, et finalement de la terre : le métayage est plus adapté aux cultures risquées.

Le cadastre florentin de 1427 répertorie 128 propriétaires, résidant à Florence, Pescia ou San Gimignano, et louant leurs terres à des exploitants habitant des villages voisins. Il y a 902 contrats, car un même propriétaire peut louer plusieurs terres, et chaque contrat précise ce qui est cultivé (vignes, céréales, ou mixte), la fortune de l'exploitant, et s'il s'agit d'un fermage ou d'un métayage (dans ce cas, le partage usuel est moitié-moitié). Ces données ont été exploitées par D. Ackermann et M. Botticini dans *Explorations in Economic History*. La distinction entre la vigne, qui est très sensible aux aléas climatiques, nécessitant des soins réguliers pour rester productive sur le long terme, et les céréales plus robustes, a des répercussions sur le type de contrat. En effet, sur 510 terres plantées en vigne ou mixtes, 28 seulement étaient affermées, alors qu'il y en avait 309 sur les 392 terres plantées en céréales. L'analyse statistique révèle une autre tendance : plus l'exploitant est riche, et donc en principe prêt à assumer le risque, plus il établit de contrats de fermage.

La théorie semble donc confirmée. Mais l'analyse statistique révèle une troisième corrélation : plus l'exploitant est riche, plus il a planté des céréales, la culture la moins risquée. On s'attendrait, au contraire, à ce que les pauvres, plus sensibles au risque, soient tentés par les exploitations céréalières. Que se passe-t-il ? Probablement un phénomène d'appariement : les exploitants ne choisissent pas leur exploitation au hasard, pas plus que les propriétaires ne la louent à n'importe qui. Les propriétaires de vignes préféreront les contrats de métayage qui garantissent mieux le long terme, et ce type de contrat attirera davantage les pauvres, car il comporte une forme d'assurance. On a refait les calculs en tenant compte de ce biais, et cela modifie les résultats précédents. C'est bien le risque qui détermine la forme des contrats : la culture des céréales et la richesse de l'exploitant favorisent le fermage, mais le premier effet est moins important que le second.

Triste Toscane si proche et si lointaine. Les siècles passent et les hommes ne changent pas. Les paysans sont toujours aussi malins et les hommes politiques toujours aussi limités.

Plus les sociétés s'enrichissent, moins elles fabriquent d'enfants, et sans le flux migratoire des pays pauvres, nos riches démocraties se dépeuplèrent. Ce constat interroge les anthropologues et démographes. Mais l'écologue darwinien explique tout : à mesure que les peuples s'enrichissent, leurs besoins en énergie extramétabolique s'accroissent au point qu'ils hésitent à investir dans une progéniture trop coûteuse. Revenons quelques centaines de milliers d'années en arrière, à l'état de singe ordinaire d'un poids moyen de 60 kilogrammes, vivant son aventure dans la forêt profonde. Les besoins métaboliques d'un tel animal, notre ancêtre, étaient alors assurés sur son territoire de quelques hectares par des fruits, racines et graines, à l'occasion un plat de viande dont un autre mammifère de son entourage, voire un congénère, faisait les frais. Au total, pour se sustenter et assurer la transmission de ses gènes dans de bonnes conditions, ses besoins quotidiens étaient de l'ordre de quelque 2500 calories pour développer une puissance de 120 watts. Avec l'apparition d'*Homo sapiens*, la Révolution néolithique voici 10 000 ans, puis l'instauration des sociétés industrielles, les choses ont changé. Le même *Homo sapiens* dans le III^e millénaire use d'électricité, de pétrole, de bois, de charbons et autres ressources qu'il emprunte à la planète. Ainsi, à ses besoins métaboliques de base sont

venus s'ajouter ceux que l'on qualifie d'extramétaboliques, et qui lui permettent de produire et cuire sa nourriture, de se chauffer, de s'éclairer, de se déplacer, voire de guerroyer. Dans les pays les plus pauvres, les dépenses dans ce domaine ne dépassent pas quelques centaines de watts par individu, et jusqu'en 1850, il en était de même dans nos pays. Depuis cette époque, et en particulier dans les pays riches, elles n'ont cessé d'augmenter, en particulier au cours des 30 dernières années. En l'an 2000, les dépenses extramétaboliques de chaque citoyen américain sont d'environ 11 000 watts, plus de 100 fois ses stricts besoins métaboliques. C'est au cours de la même

période qu'est observée dans tous les pays dépensiers en énergie une forte diminution des naissances. Les parents, soucieux d'assurer à leur progéniture tout le confort possible, ont décidé de limiter le nombre de leurs enfants

en fonction des difficultés d'acquisition des ressources énergétiques nécessaires. Il semble que ce soit aux dépens des pauvres que se maintiennent les économies occidentales, gourmandes d'énergie extramétabolique, et la courbe de croissance de la population mondiale n'est pas prête de s'arrêter de grimper. Les pauvres ne sont pas assez riches pour penser à la consommation de leur progéniture et se reproduisent : ils n'ont rien, donc n'ont pas peur de manquer.

Énergie et procréation

Souris fais-moi peur

La découverte au Laos d'un rongeur jusqu'ici inconnu des zoologistes a fait la une du grand quotidien qu'est le *New York Times*. Cette intrusion en si bonne place et dans un des plus grands médias d'un représentant de l'ordre des mammifères que je préfère devrais me ravir : je lui ai consacré tant d'années ! Néanmoins la nouvelle gloire qu'il vient de gagner me laisse un goût amer. En première lecture, c'est pourtant une bien belle histoire : se promenant sur le marché d'un village laotien, une équipe de scientifiques anglais a repéré sur l'étal d'un marchand un petit mammifère proposé à la gourmandise locale qui leur a paru suffisamment étrange pour qu'ils en fassent l'acquisition et le regardent de près. Rapidement, ils ont acquis la conviction qu'il s'agissait d'un rongeur jusqu'ici passé inaperçu. Poursuivant l'enquête les années suivantes, ils ont réussi à piéger plusieurs spécimens afin d'étudier l'anatomie externe et interne de l'animal, et faire les prélèvements nécessaires pour des études de biologie moléculaire approfondie. L'étude a duré une dizaine d'années, et le quotidien new-yorkais fait écho de la parution aux Presses de l'Université de Cambridge de l'article qui rend compte de ce travail, et signale la découverte du ci-devant *Laonastes aenigmamus*, littéralement énigmatique souris

habitante des rochers. Mais l'histoire ne s'arrête pas là, car au regard de l'étrangeté que lui reconnaissent les géniteurs de la nouvelle espèce, ils ont décidé qu'elle méritait que l'on érige, pour l'abriter dans la systématique de l'ordre des Rongeurs, une nouvelle famille, qui vient s'ajouter à la cinquantaine de familles déjà reconnues.

C'est là que le bât me blesse : cette famille n'est en rien nouvelle, car les paléontologues l'ont identifiée voici plus de 20 ans dans plusieurs gisements de mammifères fossiles du Sud-Est asiatique. Et dans une bonne dizaine de travaux, dans différentes revues, plusieurs auteurs ont longuement disserté à son sujet, y compris sur son étrangeté. Aussi, le fait même qu'aujourd'hui existe un représentant de la dite famille dans la faune actuelle n'est qu'une demi-surprise : ce n'est pas la première fois que l'on signale qu'un groupe animal réputé disparu à jamais fait, après une longue éclipse, sa réapparition. Les paléontologues ont coutume de dénommer le phénomène : « Effet Lazare » par une référence biblique d'un à-propos certain dont le coelacanth est le plus célèbre exemple.

Ce qui me choque dans l'affaire est que mes collègues, pour certains pensionnaires du célèbre *British Museum*, aient fait preuve d'autant de légèreté, au point de ne consulter ni la biblio-



graphie sur le sujet, ni les collections existantes, ni des spécialistes des rongeurs. Ils donnent là un bel exemple des méfaits de l'insularité lorsqu'elle s'applique à la recherche scientifique. Alors, il ne reste plus à mes amis glirologistes, spécialistes de rats, souris et tant d'autres, qu'à tremper la plume dans le vinaigre pour commettre un rectificatif, qui ne pourra être qu'acerbe de ton, et le publier dans une revue de large diffusion. La tribune choisie est l'hebdomadaire *Nature*. Mais auront-ils gain de cause auprès des éditeurs et franchiront-ils les arcanes du comité de lecture de la célèbre revue londonienne ? J'attends avec impatience quelle réponse viendra des rives de la Tamise.

Hubble : sursis pour une star ?

En attendant la future génération d'instruments qui remplaceront le télescope spatial *Hubble*, espérons que la NASA reviendra sur sa décision de l'abandonner.



Le télescope spatial *Hubble* est le plus populaire de tous les instruments d'astronomie : plus d'un million d'internautes par mois admirent ses images. Il vit peut-être pourtant ses derniers mois. Lancée par la navette spatiale américaine le 24 avril 1990, cette mission américano-européenne vient de fêter ses 15 ans en orbite. Suite aux réorientations politiques et budgétaires survenues à la NASA, l'Agence américaine envisage de mettre un terme à la mission du télescope spatial. Si la maintenance n'est plus assurée, *Hubble* sera mis hors service en 2007, mais il peut être victime d'une panne à tout moment. La communauté scientifique internationale perdrait alors un instrument inestimable.

Au cours des années 1970, la NASA et l'Agence spatiale européenne (ESA) ont conclu une coopération pour construire un télescope spatial de 2,4 mètres de diamètre. L'ESA a été associée au développement du télescope (réalisation des panneaux solaires et du mécanisme de déploiement, développement de la caméra pour les objets peu lumineux), aux opérations de maintenance et à l'exploitation des données. Depuis le début des années 1980, une quinzaine de scientifiques européens participent ainsi à plein-temps aux activités scientifiques liées à *Hubble* à l'Institut du télescope spatial implanté à l'Université Johns Hopkins, à Baltimore.

Prévu pour rester 15 ans en orbite, *Hubble* a été maintenu en état et amélioré grâce aux visites régulières d'équipes d'astronautes américano-européennes. Au cours de quatre visites, les astronomes ont corrigé l'erreur de fabrication du miroir principal qui rendait le télescope quasi inutilisable, renouvelé certains équipements, notamment les panneaux solaires, et installé des instruments plus performants. Ces interventions spectaculaires ont non seulement presque décuplé les capacités du télescope spatial, mais lui ont assuré une jeunesse rendue nécessaire par l'obsolescence d'une technique vieille de plus de 20 ans. Une cinquième mission, destinée à changer les gyroscopes et les batteries défectueuses et à ajouter de nouveaux instruments, était prévue en 2005.

L'accident de la navette *Columbia* a néanmoins stoppé ce programme et remis en question l'avenir du télescope spatial. Depuis ce drame, la NASA hésite à engager cette nouvelle mis-

sion. Le télescope risque donc de se trouver à l'abandon, ce qui suscite l'inquiétude de la communauté scientifique.

Ce n'est pourtant pas la première mission d'envergure à être mise hors service avant terme. Alors pourquoi tant d'émotion ? C'est que le succès scientifique de *Hubble* est considérable. De la taille de l'Univers aux planètes du Système solaire, en passant par les galaxies primitives, les étoiles à différents stades d'évolution, les trous noirs et les supernovae, la moisson d'observations est impressionnante dans tous les domaines de l'astronomie. Le succès populaire n'est pas moindre, résultat d'une politique de communication efficace : pas moins d'une quarantaine de personnes distillent les clichés les plus spectaculaires de toute l'histoire de l'astronomie.

Pourquoi alors mettre un terme à l'un des plus grands succès de la recherche spatiale ? Même après 12 ans de bon fonctionnement, la capacité de découverte de *Hubble* n'est pas tarie. Ne rien faire aujourd'hui revient à se priver à court terme d'une source d'observations unique et pour l'instant irremplaçable. Même si les grands télescopes terrestres ont été notablement améliorés, *Hubble* se trouve au-dessus de l'atmosphère, ce qui rend incomparables la qualité des images, les observations en lumière visible et ultraviolet et surtout les temps de pose (*Ultra Deep Field*, qui a révélé 10 000 nouvelles galaxies en 2004, a nécessité cinq mois de pose). Qui plus est, le successeur de *Hubble*, le *James Web Space Telescope* (JWST), doté d'un miroir de 6,50 mètres de diamètre, ne sera pas lancé avant 2012.

La NASA a perdu le goût du risque

Il conviendrait donc de maintenir *Hubble* en service aussi longtemps que son successeur ne pourra prendre le relais, soit au minimum sept ans. Mais comment ?

Depuis l'accident de la navette *Columbia*, la NASA a perdu le goût du risque. L'ancien administrateur Sean O'Keefe avait même décidé de ne plus envoyer d'astronautes vers *Hubble*, et, suite à cette décision, les ingénieurs de l'Agence américaine planchent sur un système de réparation entièrement robotisé. Pourtant, Michael Griffin, qui a succédé à S. O'Keefe en avril 2005, semble ne pas faire siennes les conclusions de son prédécesseur et n'exclut plus aucune

solution pour maintenir *Hubble* en état de fonctionnement. Il est vrai que le développement d'un robot est au moins aussi onéreux qu'une mission humaine. De plus, un robot peut présenter de graves inconvénients, car contrairement à un astronaute, il ne peut engager une intervention imprévue. La communauté scientifique internationale s'inquiète, et l'Académie des sciences américaine vient de recommander l'arrêt de la mission robotisée, privilégiant une mission humaine.

La NASA ne se trouve-t-elle pas d'ailleurs en pleine contradiction, alors que le président américain lui impose de s'engager dans l'exploration humaine de la Lune et de Mars ? L'envoi d'astronautes à des mois de distance de la Terre semble bien plus dangereux qu'une mission vers *Hubble*, plus proche de nous que ne l'est Marseille de Paris. Et si l'on peut confier à des robots les réparations « chirurgicales » de *Hubble*, quelle logique sous-tend l'envoi d'hommes pour explorer l'espace ?

L'Europe, de son côté, a déjà largement profité de la mission. La contribution financière de l'ESA était fixée à 15 pour cent du coût initial de *Hubble*, en échange d'une proportion égale du temps d'observation attribuée à la communauté scientifique européenne. Le coût de *Hubble* a depuis largement dépassé les budgets initiaux, atteignant plus de six milliards de dollars. Pour autant, l'ESA n'a pas dépensé plus de 10 pour cent de cette somme tout en conservant ses 15 pour cent de temps d'observation, ce qui rend ses éventuelles revendications peu légitimes. Certes, maintenir *Hubble* en fonctionnement, que ce soit à l'aide de robots ou d'astronautes, a un prix. Malheureusement, afin de ne pas drainer les crédits qu'il veut attribuer à son initiative d'exploration, le président Bush n'a attribué à la NASA que 93 millions de dollars pour cette opération, qui coûterait au moins dix fois plus selon les estimations officielles. Il faudra donc faire des choix.

Pour le moment, la NASA privilégie la station spatiale internationale (ISS), un autre projet international d'envergure menacé par l'arrêt des vols de la navette spatiale, et *Hubble* est considéré comme moins prioritaire. Qui plus est, certains astronomes, qui ne bénéficient pas directement des résultats de *Hubble*, s'opposent à toute mission de réparation financée aux dépens d'autres missions. C'est en particulier le cas du projet d'observation en rayons X *Constellation-X*, alors que ce type d'observation est pourtant assuré par les satellites XMM-Newton de l'ESA, et *Chandra* de la NASA.

Maintenir *Hubble* en fonctionnement jusqu'à la mise en service du JWST me semble pourtant être une priorité. L'ESA possède des missions d'observations en rayons X (XMM-Newton et XEUS), gamma (INTEGRAL) et infrarouges (*Herschell*), qui peuvent combler les besoins des astronomes du monde entier dans ces domaines pour les cinq à six années à venir. Le sursis de *Hubble* devrait logiquement être décidé par l'ensemble de la communauté scientifique internationale et par les agences spatiales impliquées en fonction de ces possibilités d'observations. La NASA réorganisera-t-elle sa planification et trouvera-t-elle les économies nécessaires pour donner vie encore quelques années à la plus populaire de ses missions ? Procéder différemment laisserait une page sombre dans l'histoire plutôt brillante de l'Agence américaine.

Roger-Maurice BONNET dirige l'Institut international des sciences spatiales, à Berne.

PRIX «GAGNA A. & Ch. VAN HECK» - 2006

PRIX «GAGNA A. & Ch. VAN HECK» - 2006

Domaine d'application :

Le Prix «Gagna A. & Ch. Van Heck» est destiné à récompenser un chercheur ou médecin dont les travaux auront contribué à la guérison d'un mal encore incurable à ce jour, ou d'une manière réelle et spectaculaire à la recherche d'une telle découverte.

Montant du Prix :
Le Prix s'élèvera à
75.000 euros

Candidatures :

Ce Prix triennal et international, décerné pour la deuxième fois en 2006, est réservé aux travaux présentés par un ou deux chercheurs.

Les candidatures doivent parvenir à la Secrétaire générale du Fonds National de la Recherche Scientifique, rue d'Egmont 5 à BE - 1000 Bruxelles (Belgique) **pour le 3 octobre 2005**. La personnalité qui introduit la candidature doit joindre à celle-ci un mémoire rédigé en anglais sur les mérites du (des) candidat(s).

Règlement :

Le règlement complet est à votre disposition au secrétariat du Fonds National de la Recherche Scientifique, rue d'Egmont 5 à BE - 1000 Bruxelles, Tél. : 32 (0)2.504.92.11, Tél. Prix : 32 (0)2.504.92.40, fax : 32 (0)2.504.92.92, e-mail : mairese@fnrs.be, site web : www.fnrs.be

Les intégrateurs mécaniques

Au XIX^e siècle, les ingénieurs effectuaient des calculs graphiquement, à l'aide de remarquables instruments de précision – que les ordinateurs ont supplantés il y a 50 ans à peine.

En 1675, à Londres, le cartographe écossais John Ogilby publie un recueil de cartes routières d'une précision inédite. L'atlas d'une centaine de pages, intitulé *Britannia*, offre une représentation étonnamment correcte des routes reliant les principales villes d'Angleterre et du pays de Galles.

C'est le fruit de deux ans passés par le cartographe et ses nombreux assistants à arpenter les chemins anglais en mesurant les distances à l'aide d'une simple roue en bois cerclée de fer munie d'un compteur de tours. Ogilby n'était sans doute pas le premier à exploiter cette idée, sur laquelle reposent encore aujourd'hui les compteurs kilométriques des voitures. On raconte qu'en 1668, l'abbé Jean Picard avait évalué la distance entre Paris et Amiens en comptant les tours de roue d'une charrette.

Peu importe la paternité de la méthode : de la roue d'arpenteur est née une famille d'instruments de calcul des longueurs et des surfaces, puis de résolution d'équations différentielles. Ces instruments, nommés intégrateurs mécaniques, ont connu leur heure de gloire à la fin du XIX^e siècle, et l'usage en a perduré jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, avant que les ordinateurs ne les supplantent. Retraçons-en l'histoire.

Mesurer la longueur d'une ligne droite est aisé : il suffit de reporter autant de fois que

nécessaire un mètre ou tout autre étalon de longueur sur la ligne. Un mètre ne peut cependant pas épouser parfaitement les sinuosités d'une ligne courbe. Pour mesurer la longueur des courbes sur le terrain, sur un plan ou sur une carte, les géomètres, les topographes ou les cartographes utilisaient dès le XVII^e siècle la roue d'arpenteur, ou curvimètre.

Ce système généralise l'observation évidente que lorsqu'on enroule un fil autour d'un cercle, sa longueur est égale à celle de l'arc de cercle correspondant. En suivant une courbe avec une roue constamment maintenue tangente à la courbe et sans glisser, on fait correspondre à tout instant les petits déplacements de la roue aux petits arcs de la courbe. L'angle de rotation total de la roue transcrit alors le cumul des longueurs des portions de la courbe. Le rayon de la roue n'intervenant que comme une constante multiplicative, le nombre de tours de roue effectués au terme du déplacement le long de la courbe donne sa longueur.

L'idée d'intégration se cache derrière cette méthode. Si l'on voit la courbe comme une suite d'arcs infiniment petits assimilables à de minuscules segments de droite, on obtient la longueur de la courbe en sommant les longueurs de ces segments infinitésimaux. Aux erreurs inhérentes à toute mesure physique près, la roue d'arpenteur est ainsi un instrument d'intégration exact, par comparaison avec une méthode approchée, telle celle qui consiste à planter des clous le long d'une courbe et à mesurer la longueur d'un fil tendu entre eux.

Découper les talus en tranches

Les roues d'arpenteur ont fleuri au XVIII^e siècle en Angleterre, sous le nom de *waywiser*, puis aux États-Unis, mais elles ont tardé à se répandre sur le continent européen. La mesure des longueurs n'est cependant pas le seul problème qu'ont dû affronter les ingénieurs. Les partages entre héritiers ou les calculs de l'impôt foncier ont depuis toujours nécessité l'évaluation de la superficie de terrains de forme complexe.

C'est toutefois dans la première moitié du XIX^e siècle que le calcul des surfaces prend une importance cruciale. Les

Smithsonian National Museum of American History



1. La roue d'arpenteur (ci-dessus, un modèle londonien du XVIII^e siècle) a longtemps servi à mesurer des distances : le nombre de tours de roue était enregistré par le compteur.