

AUTOMATIQUE ET SYSTEMES BIOLOGIQUES : UN LONG FLEUVE TRANQUILLE ?

Exposé invité de

Denis Dochain

CESAME, Université catholique de Louvain, Belgique

Denis.Dochain@uclouvain.be

La biologie est souvent considérée comme la science de ce siècle (un peu comme la physique nucléaire a été considérée comme celle du 20^{ième} siècle). Elle couvre un vaste champ d'application, allant de la médecine et du génie biomédical à l'agriculture et la croissance des plantes en passant par l'environnement (via l'écologie microbienne par exemple, mais aussi le traitement biologique des déchets et des eaux usées), par le génie pharmaceutique (dans la mise au point et la production de vaccins et médicaments) ou par l'agro-alimentaire, particulièrement « riche » en produits de la biologie tels que le yaourt, le fromage, la levure ou le vin, pour n'en citer que quelques uns.

En particulier par le fait qu'ils mettent en jeu des organismes vivants, les systèmes biologiques sont intrinsèquement complexes. Il est par exemple bien connu que le même traitement médical appliqué à deux patients présentant des symptômes similaires peut donner des résultats différents, et ce n'est pas sans raison que la médecine est souvent présentée comme l'art de guérir. Cette complexité est tout autant au cœur des procédés biologiques. Par exemple, la maîtrise de l'arôme et des propriétés organoleptiques d'un vin constitue un enjeu technologique et industriel majeur vu la complexité des voies métaboliques conduisant en particulier à la synthèse d'esters et de composés sulfurés. Les mécanismes d'interaction entre micro-organismes en milieu naturel ou industriel (la contamination d'un procédé biologique par un micro-organisme indésirable, par exemple) sont souvent encore mal connus ou caractérisés. Il est également inutile d'insister sur la complexité inhérente de la croissance d'une plante entre la photosynthèse, le transfert de la matière au sein de la plante et les multiples ramifications des racines aux feuilles et aux fleurs et fruits en passant par le tronc et les possibles multiples branches de la plante.

Les mathématiciens se sont de tout temps intéressés à la biologie mais l'engouement pour la biologie dans le domaine de la théorie des systèmes semble avoir pris un essor important dans les dernières années avec le développement d'un domaine d'activité scientifique bizarrement appelé « system biology » dont la traduction française relève de l'exercice périlleux mais dont il faut retenir que cette discipline vise à utiliser (voire développer) des outils mathématiques, en particulier de la théorie des systèmes, pour étudier les systèmes biologiques. Les activités scientifiques en « system biology » ne sont donc pas en soi nouvelles puisqu'elles regroupent les activités que nombre de chercheurs avaient déjà dans des domaines tels que le génie biochimique, le génie des bioprocédés, ou plus récemment le génie métabolique. Une de ses « marques de fabrique » cependant est de mettre plus explicitement la cellule vivante au cœur de l'étude de ses caractéristiques et propriétés systémiques.

Un des défis de l'approche « théorie des systèmes » pour l'étude des systèmes biologiques est peut-être bien d'expliquer la complexité de la biologie de manière systématique, rigoureuse et aussi simplement que possible. L'objectif de cet exposé sera de proposer une introduction et un survol d'un certain nombre d'activités de recherche scientifique qui mettent en évidence le lien entre la théorie des systèmes et la biologie ainsi que les défis et opportunités qu'une telle activité peut proposer. Il s'appuiera sur divers exemples concrets relevant en particulier du génie biomédical, du génie pharmaceutique, du génie agro-alimentaire, de l'écologie microbienne, de la croissance des plantes et du traitement des eaux usées.

Références

- Bailey J.E. and D.F. Ollis (1986). *Biochemical Engineering Fundamentals*. Mc Graw Hill, New York.
- Bastin G. and D. Dochain (1990). *On-line Estimation and Adaptive Control of Bioreactors*. Elsevier, Amsterdam.
- Dochain D. (2008). *Bioprocess Control*. ISTE, John Wiley, London.
- Doyle III F.J. (2008). *Robust Control in Biology : From Genes To Cells To Systems*. Proc. 17th IFAC World Congress, Seoul, Corée, 3470-3479.
- IEEE Transactions on Automatic Control (2008). Special Issue on System Biology, January.
- Murray J.D. (2002). *Mathematical Biology. I. An Introduction*. Springer, New York.
- Smith H.L. and P. Waltman (1995). *The Theory of the Chemostat. Dynamics of Microbial Competition*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Stephanopoulos G., J. Nielsen and A. Aristidou (1998). *Metabolic Engineering*. Academic Press, Boston.
- Thornley J.H.M. and I.R. Johnson (2000). *Plant and Crop Modelling. A Mathematical Approach to Plant and Crop Physiology*. Blackburn Press, Caldwell.