



Enjeux environnementaux

Les écosystèmes, en particulier les écosystèmes anthropisés, connaissent actuellement des changements importants, en grande partie générés ou accélérés par les activités humaines : pollution, épuisement des ressources, introduction d'espèces invasives... En retour, ces changements ont un impact sur les activités humaines en altérant les commodités (nourriture, énergie, médicaments) ou services (tourisme, pollinisation, etc.) reposant sur ces systèmes. Par conséquent, la gestion durable des écosystèmes est devenu un enjeu majeur pour les différentes instances nationales (ministères en lien avec l'énergie, l'écologie, l'agriculture, tec.) et internationales (FAO, IUCN, OMS, etc.) en charge de leur régulation.

Le développement durable doit répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins. Il implique une gestion viable et équitable des ressources. Pour mettre au point des scénarios de gestion et évaluer leur efficacité bio-économique, la mise en place d'outils quantitatifs d'aide à la décision tels que les modèles mathématiques est particulièrement adaptée.

Les problèmes décisionnels liés à la durabilité des écosystèmes en interactions avec les activités humaines se révèlent d'une complexité multiple :

- complexité de la notion même de durabilité (notion d'équité, formulation d'un critère bio-économique) ;
- complexité intrinsèque des systèmes naturels/biologiques considérés, liée à la fois au grand nombre d'entités en interactions (individus, populations, espèces, etc.) et à la nature de ces interactions (souvent fortement non linéaires) ;
- complexité des moyens à mobiliser pour mettre en œuvre une politique durable (instruments économiques tels que taxes et permis versus instruments réglementaires tels que normes) ;
- et enfin, complexité associée aux interactions et rétroactions entre systèmes de gestion et systèmes naturels/biologiques.

La problématique de développement durable se traduit généralement par la recherche de politiques durables et efficaces et s'appuie sur des modèles dynamiques issus du couplage entre systèmes biologiques et systèmes de gestion. Elle mobilise des méthodes issues de la théorie de la viabilité, de la commande et de la commande optimale, ou encore de la théorie des jeux.

La complexité de ces systèmes engendre des problèmes méthodologiques qui dépassent la problématique du développement durable, pour analyser leur comportement, mettre au point des stratégies de contrôle efficaces, estimer leurs paramètres, les simuler efficacement...

Quelques domaines d'application :

- Pollution : gestion intégrée des pollutions des sols et des eaux dues aux activités humaines (culture, élevage, développement urbain).
- Ressources renouvelables : gestion raisonnée des stocks halieutiques, des forêts...
- Agro-écosystèmes (cultures, élevages) : gestion durable des résistances, limitation des intrants...
- Biodiversité : utilisation durable des espèces et des milieux, évaluation des coûts et bénéfices des services rendus...

Défis mathématiques

Pistes méthodologique plus transversales :

- Simplification de modèles :
 - ▶ par des méthodes mathématiques qui génèrent des modèles approchés interprétables et permettent d'estimer l'erreur entre modèle initial et modèle approché ;
 - ▶ ou par des approches numériques, fondées sur la méta-modélisation ou l'analyse de sensibilité.
- Mise en œuvre d'une démarche ouvertement multi-modèles : comparaison, voire couplage, de modèles issus de différentes écoles de modélisation (e.g. déterministes, stochastiques, mécanistico-statistiques...) ; utilisation des modèles simplifiés (cf. supra) pour concevoir des stratégies de gestion à valider sur les modèles originaux.

À terme, il s'agirait de proposer, sur la base de différents cas d'études, des méthodes permettant un traitement générique des problèmes de prises de décision associées au développement durable.