

Co-construction d'un modèle d'accompagnement selon la méthode ARDI : guide méthodologique

Michel Étienne

INRA, Unité d'Écodéveloppement, Site Agroparc, 84914 AVIGNON cedex 9 Tél. 0432722577, Fax. 0432722562, Courriel: etienne@avignon.inra.fr

L'intégration de modèles de simulation dans l'aide à la décision collective pour la gestion de ressources naturelles est une des particularités de la gestion adaptative (Holling, 1978; Walters, 1986). Mais l'utilisation de ces modèles pour stimuler la participation des acteurs dans l'élaboration de scénarios d'aménagement est beaucoup plus rare (Costanza and Ruth, 1998; Bousquet et Le Page, 2004). Le passage progressif de documents d'aménagement basés sur un modèle autoritaire ou rationaliste vers des outils de médiation basés sur un modèle démocratique (Chauvin, 2002) appelle la mise en œuvre de nouveaux outils de construction et de partage des informations.

Suite à une série de tests méthodologiques mis en œuvre sur des cas complexes (espaces naturels à usages multiples, réserves de biosphère) ou dans des situations conflictuelles (Opération Grand Site, interfaces urbain-forêt), une démarche d'accompagnement permettant d'impliquer des acteurs des territoires à la définition d'un projet de développement territorial a été mise au point. Elle se propose d'aider à imaginer une gestion plus ouverte, dynamique, capable d'adaptation et d'anticipation, en rassemblant les différents acteurs dans un partenariat, contribuant à préserver les ressources naturelles grâce à une gestion durable, s'appuyant sur des bases scientifiques correctes et une réelle créativité culturelle. Son originalité réside dans le travail de coconstruction d'un «modèle conceptuel» du fonctionnement du territoire, et d'un projet de territoire basé sur la confrontation et l'évaluation préalable de scénarios probables d'évolution dans les années à venir.

La démarche est basée sur une compréhension mutuelle des éléments clefs du fonctionnement du territoire entre des acteurs variés: structures de gestion, élus, socioprofessionnels, associations, experts et scientifiques, administrations. Ce partage de représentations se fait lors d'une série d'ateliers collectifs au cours desquels les Acteurs, les Ressources, les Dynamiques et les Interactions (ARDI) qui font les enjeux du territoire sont identifiés et explicités. Ce travail de co-construction se fait dans un cadre méthodologique précis que ce document se propose de présenter étape par étape, en l'illustrant d'exemples concrets issus des tests effectués par l'auteur au cours des 5 dernières années. La partie de la démarche concernant les scénarios fera l'objet d'un document ultérieur.

Bibliographie

Bousquet F., Le Page C. (2004). Multi-agent simulations and ecosystem management: a review, *Ecological Modelling* 176 (3-4): 313-332.

Chauvin C. (2002). L'aménagement, outil de suivi de gestion durable, Ingénieries, n° spécial Aménagement forestier: 29-34.

Collectif ComMod (2006). Modélisation d'accompagnement. In Modélisation et simulation multi-agents : applications aux sciences de l'homme et de la société, Amblard F. et Phan D. (eds), Hermès sciences, Londres : 217-228.

Costanza R., Ruth M. (1998). Using dynamic modeling to scope environmental problems and build consensus. *Environmental Management* 22: 183-195.

Étienne M. (2006). La modélisation d'accompagnement : un outil de dialogue et de concertation dans les Réserves de Biosphère. UNESCO-MAB, Paris, Réserves de Biosphère, Notes techniques 1: 44-52.

Étienne M., Cibien C., Génot J.-C. (2007). Un exemple de démarche d'accompagnement pouvant être utilisée lors de l'examen périodique. UNESCO-MAB, Paris, Réserves de Biosphère, Notes techniques 2: 53-59.

Holling C. (1978). Adaptive environmental assessment and management, John Wiley, London.

Walters C. (1986). Adaptive management of renewable resources, New York, McGraw Hill.

Conditions d'initiation de la démarche

La réussite de l'exercice proposé repose sur trois points qui doivent être clairement définis à l'initiation du processus et faire l'objet d'une ou plusieurs réunions préparatoires entre les commanditaires et les animateurs de la démarche. En premier lieu la question posée doit être clairement énoncée et le territoire concerné doit être clairement défini. Ensuite, un ou des animateurs doivent être identifiés, et leurs aptitude et légitimité à mener les débats lors du processus de conception-validation-utilisation de l'outil ARDI devront être reconnues. Enfin la convocation du groupe de travail devra faire l'objet d'une attention particulière (choix des partenaires, lieu des séances, périodicité des ateliers, mode d'invitation) car c'est d'elle que vont dépendre la représentativité des participants et donc la richesse et la pertinence des représentations mobilisées lors de l'élaboration du modèle conceptuel.

Sur le premier point, la méthode ARDI a été testée sur des questions et des territoires très variés (fig. 1). Les enjeux environnementaux concernent l'eau, la biodiversité ou la fertilité des sols; les processus sous-jacents sont progressifs, épisodiques ou soudains. Les enjeux sociaux tournent généralement autour de l'accroissement des compétences des communautés locales et de leur capacité d'autonomie dans la prise en main de leur devenir. Les territoires impliqués sont

souvent ceux définis par des institutions pour la mise en œuvre d'un développement durable: parcs régionaux, réserves de biosphère, terres collectives.

Sur le deuxième point elle a principalement été portée par des chercheurs travaillant dans le domaine de la modélisation d'accompagnement (collectif ComMod, 2006) mais plusieurs agents de parcs naturels régionaux ont été formés à sa mise en œuvre en France, et une formation similaire a été menée avec des médiateurs dans les réserves de biosphère d'Afrique de l'Ouest. L'intérêt du portage par un scientifique réside dans sa relative indépendance, son complet détachement des contraintes socio-économiques locales et sa maîtrise rapide de l'outil. Il faudra par contre choisir un chercheur non spécialisé, ouvert à l'interdisciplinarité et dont le domaine d'intérêt se situe à la charnière entre sciences de la vie et sciences de l'homme. Il est également souhaitable qu'il ait un minimum d'expérience d'animation de débats entre chercheurs et gestionnaires.

Sur le dernier point, de nombreux critères peuvent entrer en jeu dans le choix des partenaires (fig. 2a). Même si ce choix a une certaine souplesse (il est possible de faire entrer un nouveau participant en cours de démarche), on gagne à constituer de façon optimale un «noyau dur» initial qui sera présent lors de la totalité du processus de co-construction. Selon le contexte et les préférences des commanditaires, quatre situations ont été rencontrées pour le moment :

- 1 on privilégie une représentation scientifique du système: les participants seront alors des chercheurs ayant travaillé sur le territoire ou sur des enjeux présents sur ce territoire mais étudiés ailleurs dans des situations comparables. Il faut alors veiller à respecter un équilibre entre sciences de l'homme et sciences de la vie (fig. 2b), et envisager des moments d'arrêt du processus pour permettre l'acquisition de connaissances sur des aspects primordiaux du système sur lesquels le savoir scientifique est considéré comme absent ou trop incertain;
- 2 on privilégie une vision globale du système: les participants seront alors des «techniciens» du territoire dont l'expérience locale légitime leur convocation pour parler au nom des acteurs qu'ils côtoient au quotidien. Il est primordial de ne pas oublier d'activité a priori déterminante par rapport à la question posée, et ne pas surreprésenter une activité par rapport à une autre;

1. Questions, porteurs et territoire

étude de cas	question	porteur	territoire
Verdon	Résoudre les problèmes de stationnement des véhicules en été	Parc Naturel Régional	Gorges du Verdon
Larzac	Valoriser les boisements spontanés de la Société Civile des Terres du Larzac	Société Civile	Propriétés de la SCTL et du GFA Larzac
Lure	Conserver les milieux ouverts ou favoriser la dynamique du sapin	Opérateur Natura 2000	Crêtes de la montagne de Lure
Ventoux	Conserver les milieux ouverts	Réserve de Biosphère	Zone du Mont Serein
Vosges du Nord	Maintenir les fonds de vallée en prairie	Réserve de Biosphère	Vallée de la Zinssel du Nord
Ouessant	Sensibiliser les populations locales à l'enfrichement de l'île	Réserve de Biosphère	Île d'Ouessant
Nîmes	Sensibiliser les élus à la prévention des incendies de forêt	Communauté d'agglomération de Nîmes	14 communes de la ceinture nord de Nîmes
Camargue	Révision de la Réserve de Biosphère	Réserve de Biosphère	Le grand delta du Rhône
Queyras	Projet de création d'une Réserve de Biosphère	Parc Naturel Régional	Parc Naturel Régional du Queyras
Fontainebleau	Révision de la Réserve de Biosphère	Réserve de Biosphère	Réserve de Biosphère de Fontainebleau
Kruger	Respect de la loi sur l'eau et gestion du fleuve Crocodile	Parc National Kruger	Bassin-versant du fleuve Crocodile

- 3 on privilégie l'implication d'acteurs locaux mais en maintenant une vision globale du système: les participants seront alors des représentants des acteurs locaux choisis pour leur légitimité (élus démocratiquement) et pour la pertinence de leur activité par rapport à la question posée. Autant ce choix est assez facile pour les activités productives ou de protection de l'environnement, autant il est plus délicat pour les porteurs de politiques publiques ou de grands intérêts privés (fig. 2c);
- 4 on privilégie l'implication d'acteurs locaux mais en cherchant à apprécier la diversité du système: les participants seront alors des acteurs locaux choisis pour la diversité de leurs pratiques par rapport à la question posée.

2a. Co-construire avec qui?

1 des chercheurs	② des techniciens	3 des acteurs locaux
Ouessant	Nîmes Métropole	Crocodile River
Zootechnicien	SIME (élevage)	Président du Comité Irrigation
Agronome	Chambre d'Agriculture	Producteur de canne à sucre
Ornithologue	SAFER	Agrumiculteur
Phytoécologue	Agence d'Urbanisme	Compagnie minière
	CRPF (forêt privée)	Compagnie forestière
Géographe	ONCFS (chasse)	Éleveur de poissons
Ethnologue	Communauté d'agglomération	Fermier noir émergent
Économiste	DDAF	Paysan noir
	SDIS (pompiers)	Municipalité
Modélisateur	Modélisateur	Parc National

- 1) Dans le cas d'une équipe interdisciplinaire de chercheurs, le choix des disciplines à impliquer est relativement aisé. Il est plus difficile de faire le choix du spécialiste entre celui qui connaît bien le territoire et celui qui connaît bien la question posée.
- ② Dans le cas des techniciens, il faut essayer de couvrir les principales activités présentes sur le territoire, en faisant attention aux redondances éventuelles (par exemple : ONF, CRPF, IDF pour les activités forestières).
- 3 Dans le cas des acteurs locaux, la difficulté est de savoir lequel on choisit ou combien on en choisit au sein d'une même catégorie.

La place des chercheurs dans le processus est variable et fait encore l'objet de discussions. Généralement on sélectionne les scientifiques porteurs de connaissances sur les principaux processus en jeu. Certains seront donc présents dès l'initiation de la démarche car la question posée est liée à un ou des processus bien identifiés. D'autres seront intégrés lors du travail sur les dynamiques ou sur les interactions si les participants ressentent le besoin d'une expertise sur un thème particulièrement important pour la compréhension du fonctionnement du système. Autant cette différenciation est relativement aisée dans le domaine des sciences de la vie, autant elle devient problématique dans le domaine des sciences sociales où le chercheur peut jouer le rôle du «technicien» qui seul détient la vision globale des relations sociales ou des flux économiques.

Certains chercheurs peuvent aussi appliquer la méthode ARDI en deux temps, en choisissant de faire précéder les ateliers collectifs par une série de tête à tête permettant de faire expliciter individuellement les modèles mentaux des futurs participants au collectif. L'expérience menée en Afrique du Sud sur la question de l'utilisation et de la gestion de la ressource en eau dans le bassin versant du fleuve Crocodile est relatée dans les figures 3a à 3d. L'accent est mis sur l'importance de garder une trace des décisions prises lors de l'élaboration des 4 diagrammes ARDI, et sur les raisons des modifications apportées progressivement à chacun de ces diagrammes au fur et à mesure de l'avancée de la démarche.

2b. Interdisciplinarité et enfrichement

Ouessant	Vosges	Ventoux
	Écologue forestière	Généticien forestier
Zootechnicien	Chargé d'étude du PNR (sites GEF)	Zootechnicien
Agronome	Chargé d'étude du PNR (aménagement)	Forestier
Ornithologue	Ornithologue	Herpétologue
Phytoécologue	Chargé d'étude du PNR (Natura 2000)	Phytoécologue
Géographe	Géographe	Géographe
Ethnologue	Ethnologue	Ethnologue
Économiste	Sociologue	Historien
Modélisateur	Modélisateur	Modélisateur

La composition de l'équipe interdisciplinaire de chercheurs doit couvrir les thématiques liées à la question posée, à la fois sous les angles écologique, économique et social. Mais selon le territoire concerné, la connaissance scientifique ne couvre pas forcément la même diversité ou les enjeux du territoire ne sont pas forcément similaires aux priorités de la recherche. Une des grosses difficultés est de trouver des chercheurs disponibles et volontaires pour s'engager dans une démarche souvent déstabilisante car elle remet partiellement en cause les savoirs acquis ou les méthodes scientifiques utilisées. Il est indispensable de constituer un noyau de chercheurs ouverts aux autres disciplines et prêts à s'aventurer à la marge de leur domaine de recherche.

Le choix du lieu, de la durée et de la périodicité des rencontres dépend de nombreux facteurs extérieurs à l'exercice en lui-même (disponibilité, horaires d'astreinte, niveaux de responsabilité). Mais quelques principes gagnent à être respectés. Le lieu se doit d'être facile d'accès pour les participants et le plus neutre possible, sinon il doit être clairement identifié comme le lieu légitime du partenaire qui convoque à l'exercice ou qui pose la question centrale abordée. Chaque séance doit durer au minimum 2 heures et les participants doivent rester centrés sur l'exercice collectif. L'idéal est d'enchaîner les phases sur une période ne dépassant pas 1 mois (pour que la mémoire du processus ne s'effiloche pas trop), mais cela peut prendre la forme d'un atelier de 2 jours et demi-consécutifs, d'une demi-journée par semaine ou de trois journées séparées d'une dizaine de jours (fig. 4).

2c. Co-construire avec des collectifs mixtes

RB	CEDE
Élus	Gestionnaires d'ASA
Services techniques municipaux	Services techniques municipaux
Syndicat mixte	Syndicats mixtes
Parc Naturel Régional	Parc Naturel Régional
Chambre de Commerce et d'Industrie	Salins du Midi
Chambre d'Agriculture	Acteurs locaux (riziculteurs, éleveurs, pêcheurs, chasseurs)
Gestionnaires d'aires protégées	Gestionnaires d'aires protégées
Association de conservation de la nature	Associations de protection des milieux aquatiques
Conseil Général	Conseil Général / DDAF
Chercheurs du CNRS	Chercheurs du CNRS
Association d'éducation à l'environnement	

Lors des deux démarches d'accompagnement menées récemment en Camargue dans le cadre de la révision de la Réserve de Biosphère (RB), puis dans le cadre d'une concertation au sein de la commission exécutive de l'Eau (CEDE), des collectifs hétérogènes ont été constitués, en essayant de favoriser les échanges entre savoirs scientifiques, savoirs techniques et savoirs empiriques.

La légitimité des acteurs retenus pour participer à l'exercice relève alors soit de leur capacité à porter une expertise sur les processus qui pilotent la dynamique du système, soit sur leur capacité à expliciter les principales activités réalisées sur le territoire concerné.

Ateliers de co-construction

La première étape de la démarche d'accompagnement consiste à identifier collectivement les principaux acteurs concernés par la question posée, leurs entités de gestion et les ressources prélevées et les principales dynamiques en jeu. Pour ce faire, le collectif qui participe à la co-construction du modèle doit d'abord répondre aux trois questions suivantes (dont la formulation est ici adaptée à la mise en place d'un projet de développement durable):

- Quels sont les principaux acteurs qui semblent pouvoir ou devoir jouer un rôle décisif dans la gestion de ce territoire?
- Quelles sont les principales ressources du territoire et les informations essentielles à savoir pour en garantir une utilisation durable?
- Quelles sont les principales dynamiques en jeu, en quoi ces dynamiques sont-elles affectées par ces acteurs?

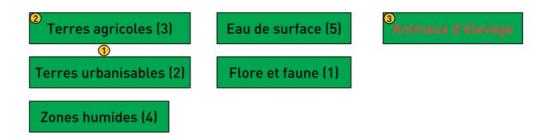
Selon l'étendue et la complexité du territoire concerné, l'élaboration d'une réponse collective à chacune des trois questions prend entre 1 et 3 heures. Elles constituent donc souvent le programme d'un premier atelier d'une demi-journée à un jour et demi. L'ordre des questions doit

3a. Quels sont les principaux acteurs qui semblent pouvoir ou devoir jouer un rôle décisif dans la gestion de l'eau du fleuve ?



- 1 Quand le facilitateur rappelle que l'objectif de l'exercice est de comprendre pourquoi la loi sur l'eau est si peu respectée, l'acteur Forestiers est découpé en deux catégories, les Forestiers publics étant plus respectueux de la loi ... mais ce choix sera remis en cause lors de l'élaboration du diagramme d'interactions.
- 2 Les autorités Nationale et Provinciale sont d'abord distinguées puis regroupées car l'une est le bras de l'autre.
- 3 Lors de l'élaboration du diagramme d'interactions, l'insertion de Communautés rurales fait hésiter car il se demande si leur prélèvement en eau est vraiment significatif. Cette réflexion sur la consommation d'eau le fait revenir sur Fermiers irrigants pour
- 4 justifier l'identification d'une nouvelle catégorie : Fermiers commerciaux qui consomme nettement moins d'eau, mais il a des doutes.
- (5) Les Résidents urbains et les Promoteurs coupables de leur expansion sont rajoutés lors du positionnement du processus « augmentation de la population urbaine » sur le diagramme d'interactions, car « eux aussi polluent ».

3b. Quelles sont les principales ressources du bassin versant et les informations essentielles à savoir pour les gérer durablement ?



- ① Lors de la distinction entre Terre agricole et Terre urbanisable, il regrette le fait que l'obligation que seule la catégorie « potentiel agricole faible » soit constructible n'est pas respectée.
- ② Lors du classement des ressources de la plus importante (5) à la moins importante (1), il hésite longtemps sur le classement (3).
- 3 L'explicitation du processus « Pollution par les nitrates » amène à individualiser une ressource correspondant aux animaux élevés dans ou près de l'eau : poissons, crocodiles, autruches. Il s'ensuit une longue discussion sur quel nom leur donner, c'est la proposition du facilitateur « Animaux d'élevage » qui est retenue mais il l'accepte en attendant de trouver mieux.

3c. Quels sont les principaux processus qui provoquent les changements dans le bassin versant susceptibles d'affecter le débit du fleuve ?

FS fréquence des sécheresses PC production des cultures LA lessivage de l'azote RE réchauffement de l'eau MC modification de la composition chimique de l'eau

1) APU augmentation de la population urbaine EA extraction d'eau 2DD diminution du débit

RD régulation du débit PE purification de l'eau

4 SV support de vie

Fait un gros effort pour être précis dans les termes.

①Comme il n'a aucune idée de l'augmentation de la population rurale, il tient à spécifier le U de APU.

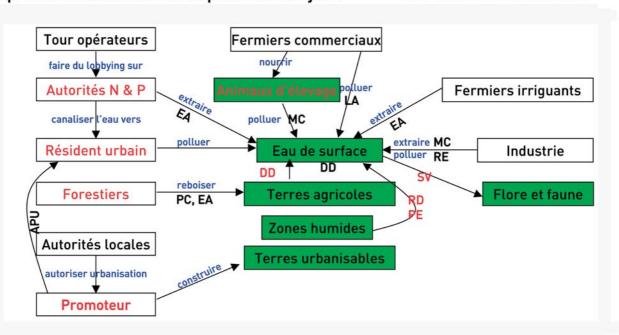
②Quand il explicite l'effet du reboisement sur le débit, il identifie DD et choisit le terme « Stream Flow Reduction Activity » car c'est celui qui est inscrit dans la loi.

③Lors de la construction du diagramme d'interactions, l'explicitation de l'intérêt des Zones humides l'amène à distinguer deux processus supplémentaires : la régulation du débit et la purification de l'eau.

(a) L'explicitation du lien vers Faune et Flore est douloureuse, il n'arrive pas à trouver un mot pour cela, la proposition faite par le facilitateur pour sortir de l'impasse est finalement retenue : support de vie.

3d. Comment chaque acteur utilise les ressources qu'il convoite et modifie les processus en jeu ?

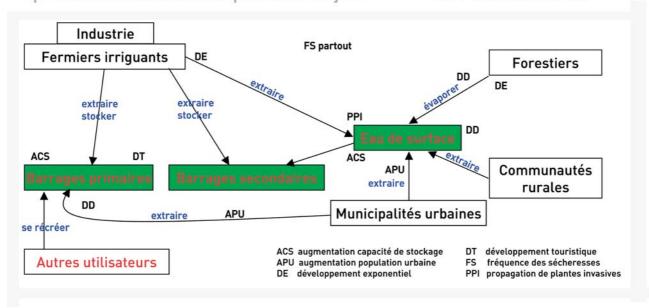
3d1. Un monde d'activités



Ce diagramme d'interactions représente le point de vue d'un technicien d'une collectivité territoriale. Il regroupe dans les cartouches verts les ressources, et dans les cartouches blancs les acteurs. Les verbes en bleu explicitent les interactions entre acteurs ou entre un acteur et une ressource. Les sigles en gras positionnent les PRINCIPAUX PROCESSUS (voir légende dans l'encart 3c). Tout ce qui est en rouge a été rajouté lors de l'élaboration du diagramme d'interactions.

3d. Comment chaque acteur utilise les ressources qu'il convoite et modifie les processus en jeu ?

3d2. Un monde d'eau

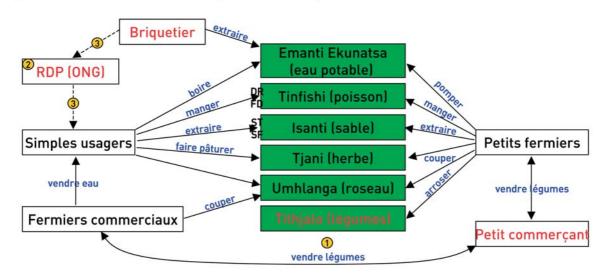


Ce diagramme d'interactions représente le point de vue du président du Comité d'Irrigation.

Par exemple, l'identification de l'interaction stocker fait décider d'identifier les retenues d'eau, puis de distinguer celles qui se situent dans le cours des rivières, de celles qui servent au stockage individuel de l'eau.

3d. Comment chaque acteur utilise les ressources qu'il convoite et modifie les processus en jeu ?

3d3. Un monde de survie



L'exercice a lieu en langue locale et chaque expression est traduite par un interprète.

- ① Quand il révise le diagramme, la vente de légumes est rajoutée ainsi que les liens avec le marché qui se trouve en ville, hors du bassin versant ; le flux du marché ne suit pas le flux de la rivière. La discussion sur à quoi sert le sable fait apparaître la concurrence avec le fabricant de briques.
- ② Le facilitateur mentionne alors l'ONG qui construit des maisons dans sa communauté... ③ mais il refuse de mettre RDP dans le diagramme car il considère que cet acteur ne prélève rien directement dans sa rivière (flux en pointillé).



être respecté et l'animateur doit veiller à ce que chacun ait l'opportunité de donner son avis. Dans les sessions que j'anime, la procédure est simple. J'écris ou je dessine, sur un tableau interactif visible par l'ensemble des participants, chacun des éléments proposés, chaque participant ayant la parole à tour de rôle et ne pouvant rajouter, chaque fois que la parole lui est donnée, qu'une «pierre à l'édifice en construction».

Pour faciliter le partage, les réponses aux questions sont formalisées sous la forme de diagrammes aisément compréhensibles par tous, avec un minimum de codification permettant de classer les informations fournies. Le rôle de l'animateur consiste uniquement à «être la main» du collectif. Il ne doit intervenir que lorsque la proposition est formulée soit sous une forme trop générique (fig. 5. Je refuse systématiquement le terme gestionnaire pour définir un acteur), soit avec un mot polysémique ou qui peut prêter à confusion (fig. 6a). Ainsi un bois peut être le lieu où poussent des arbres comme le matériau issu de l'exploitation de ces arbres: un bois (dans le premier sens du terme) ne produit pas forcément du bois (en tant que ressource utilisée par quelqu'un). Mais, si c'est le cas, l'animateur va encourager les participants à choisir des termes sans ambiguïté, et à bien distinguer la ressource naturelle «brute» (qui peut se développer indépendamment de l'action humaine), du produit extrait de cette ressource par une intervention humaine (fig. 6b).

4. Planifier les ateliers

Étude de cas	Lieu	Organisation
Verdon	Mairie de l'une des 6 communes (à tour de rôle)	5 demi-journées sur 3 mois
Queyras	Siège du PNR du Queyras	1,5 jours consécutifs
Lure	INRA d'Avignon	2,5 jours sur 3 mois
Vosges du Nord	Siège du PNR des Vosges du Nord	2,5 jours sur 6 mois
Ouessant	Institut Universitaire Européen de la Mer	2,5 jours sur 3 mois
Nîmes	Service environnement de Nîmes Métropole	3 demi-journées sur 1 mois
RB Camargue	Siège du PNR de Camargue	3,5 jours sur 1 an
CEDE * Camargue		2 jours sur 1 mois
Fontainebleau	Locaux de l'Université Paris 7	2 jours consécutifs
Luberon	Siège du PNR du Luberon	3 jours sur 3 mois

^{*} CEDE : Commission exécutive de l'Eau

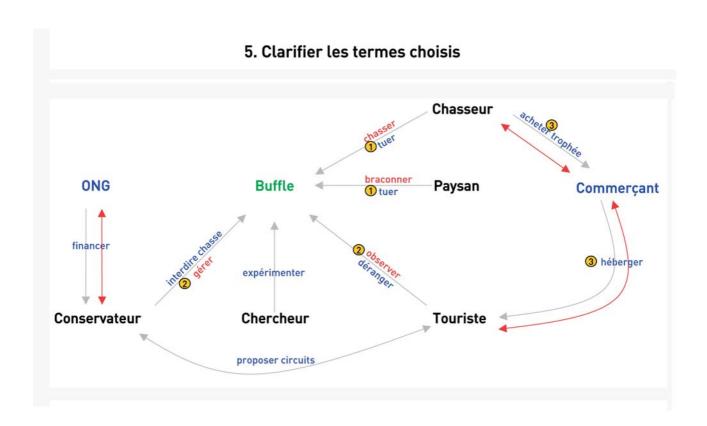
Lors de cette première phase, trois diagrammes sont élaborés collectivement et consécutivement:

1) Le diagramme des acteurs et des entités de gestion (fig. 7)

L'exercice se déroule en trois séquences. Dans un premier temps les participants vont simplement lister les acteurs qu'ils considèrent être concernés par la question posée. Tant que des acteurs nouveaux sont proposés, l'animateur continue ou reprend le tour de table. Chaque proposition doit être affectée soit à la catégorie des acteurs directs (acteurs dont les pratiques ont un effet direct sur la dynamique de certaines ressources du territoire), soit à la catégorie des acteurs indirects (acteurs dont les actions vont encourager les acteurs directs à changer de pratique).

L'animateur se contente de créer autant d'étiquettes que d'acteurs cités et de distinguer la catégorie à laquelle ils appartiennent par des couleurs (dans mon cas: noir pour les directs, bleu pour les indirects). Il peut intervenir pour faire éventuellement préciser certains types d'acteurs (fig. 8. Précision: agriculteur peut être subdivisé en éleveur et viticulteur) ou mettre en débat l'affectation à une catégorie s'il n'y a pas consensus dans la salle. Un exemple classique de ce type d'intervention est le statut de l'entité troupeau. Certains participants vont la positionner comme une ressource, d'autres vont la considérer comme un acteur. Quand l'impact du pâturage est un processus significatif par rapport à la question posée, l'animateur va demander si les participants pensent que le troupeau est autonome (c'est lui qui décide où, quand et combien il va manger), ou s'il dépend majoritairement des décisions du berger. Dans le premier cas, on retiendra le troupeau comme un acteur à part entière, dans le second cas, il sera une ressource de l'acteur berger.

Dans un deuxième temps, l'animateur va demander aux participants de préciser les liens qui existent entre les acteurs identifiés et d'expliciter de façon simple cette relation. Au fur et à mesure des propositions de chacun, l'animateur rajoute des flèches et réorganise la liste sous la forme d'un diagramme en rapprochant les acteurs qui ont de nombreuses relations et en éloignant ceux qui n'en ont aucune. Quand les participants considèrent que les principales interactions entre acteurs sont représentées, l'animateur peut mettre le doigt sur des incongruités (par exemple pas de lien entre l'éleveur et le berger) ou identifier des acteurs sans relation avec aucun autre. Il lance alors une discussion sur la pertinence de conserver cet acteur dans la liste et garde

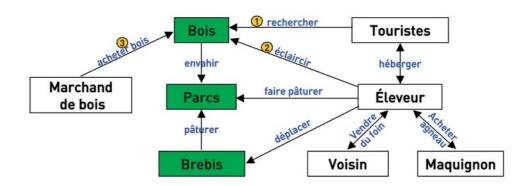


Lors de l'atelier ARDI réalisé dans la Réserve de Biosphère de la Pendjari au Bénin, les participants étaient d'origine très variée soit par leur pays d'origine (6 pays d'Afrique de l'Ouest), soit par leur fonction (comité MAB, conservateur ou paysan). Les termes choisis devaient donc être clairs et sans ambiguïté pour tous.

Dans l'extrait du diagramme concernant les interactions autour du buffle, 3 types de clarifications terminologiques sont illustrés (quand un terme est mentionné en rouge, c'est qu'il a été mis en discussion par le facilitateur, discussion qui a abouti au terme mentionné en bleul:

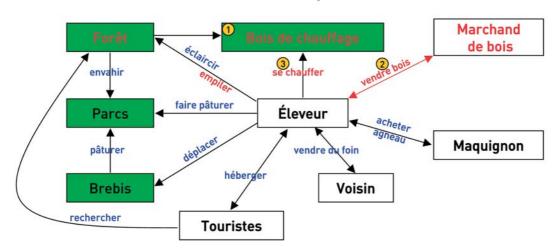
- ① Éviter les jugements de valeur a priori : le facilitateur va demander quel est l'effet de chasser ou braconner sur le buffle, et après explicitation, ces deux verbes vont être remplacés par le verbe tuer dans un cas parce qu'il est plus précis (un chasseur myope ne tue pas grand chose) et dans l'autre cas parce qu'il ne porte aucun jugement (chasser c'est bien, braconner c'est mal).
- Éviter les termes génériques ou sans effet précis sur la dynamique du système : le facilitateur va demander de faire expliciter ce qui dans l'activité de gestion du Conservateur ou dans l'activité récréative du touriste va avoir un effet sur la dynamique de la population de buffle, gérer devient alors interdire la chasse, et observer va devenir déranger (ce qui impose de définir le mode d'observation qui provoque le dérangement).
- ③ Préciser qui est moteur dans les échanges commerciaux : par convention, les échanges commerciaux sont représentés par des doubles flèches, car l'acheteur récupère un produit alors que le vendeur récupère de l'argent ou un autre produit dans le cas du troc. Le facilitateur va donc faire préciser la nature de l'échange entre le Commerçant et le Chasseur (achat de trophées contre de l'argent), mettre une double flèche mais conserver le verbe acheter en faisant valider que c'est bien le commercant qui passe commande plutôt que le chasseur qui vient démarcher.

6a. Éviter les contresens et la polysémie



Sur cet extrait d'un diagramme d'interactions explicitant le fonctionnement d'une ferme agroforestière, le terme Bois pose problème car il recouvre plusieurs sens différents : ① la zone boisée dans laquelle le Touriste aime se promener ou ramasser des champignons;② la parcelle forestière que l'Éleveur va éclaircir pour produire de la feuille, de l'herbe et des glands pour son troupeau ;③ le bois de chauffage que le Marchand va venir acheter en bord de route. Le facilitateur va donc demander si les participants veulent conserver plutôt l'entité physionomique et si oui, de choisir un terme sans ambiguïté pour la nommer (le peuplement d'arbres, la forêt, la zone boisée) ; ou plutôt les ressources ligneuses qu'elle produit et alors de les encourager à identifier les différents types de produits recherchés (bois de chauffage, bois d'œuvre, feuille, gland, herbe). Une fois cette décision prise, le collectif va réviser le schéma et corriger les contresens induits par la polysémie du terme « bois ».

6b. Ressource brute et produit transformé



Si l'on décide de garder le mot dans son sens « forêt », les 3 interactions entre la forêt et les éleveurs et les touristes restent correctes mais l'interaction avec le marchand de bois ne peut plus être directe, sinon elle signifie qu'il achète la parcelle. Il faut d'abord couper les arbres et constituer des piles de bois de chauffage avant de pouvoir les vendre. L'explicitation de cette interaction fait alors apporter les corrections notées en rouge avec création d'une nouvelle ressource ① « Bois de chauffage » provenant de l'action « éclaircir et empiler », réaffectation de l'échange commercial entre le Marchand et l'Éleveur ② et choix du verbe « vendre bois » pour bien montrer que c'est l'éleveur qui est moteur de la transaction. Si une partie du bois de chauffage ③ est autoconsommée, il faut rajouter le lien explicité par le verbe « se chauffer ».

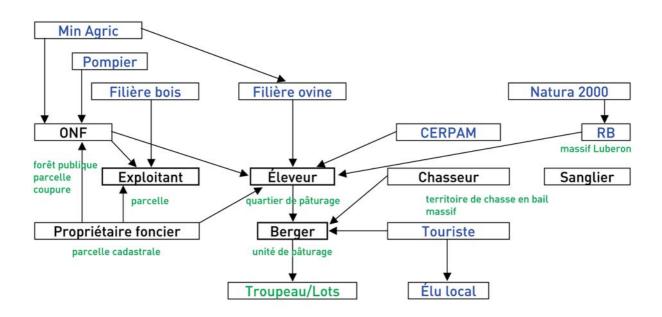
mémoire de la décision prise et de sa justification (le propriétaire foncier inactif est l'exemple typique d'un acteur qui n'a de lien avec personne mais qui peut bloquer le développement des activités d'un autre acteur).

Enfin, pour chaque acteur direct, et toujours selon le principe du tour de table, les participants doivent identifier et expliciter la ou les entité(s) de gestion utilisée(s). Celles-ci peuvent être spatiales (parcelle forestière, quartier de pâturage), ou non (troupeau, argent).

2) Le diagramme des ressources (fig. 9)

L'exercice consiste à lister les ressources du territoire déterminantes par rapport à la question posée, le mot ressource s'appliquant exclusivement à des biens ou produits mobilisés par un des acteurs du territoire. Si un être vivant ou une matière première n'est exploité ou protégé ou mythifié par aucun acteur du territoire, alors il n'est pas considéré comme une ressource. Lors de la construction interactive de la liste, les principaux types de ressources sont souvent regroupés au sein de grandes catégories (bâti, eau, pierre, végétal et animal). Pour chacune des ressources mentionnées, l'intervenant est amené à justifier son choix et encouragé à préciser quel indicateur de valeur lui semble le plus pertinent. Cet indicateur peut être quantitatif ou qualitatif et s'il y a débat, plusieurs indicateurs sont associés à une ressource donnée. Si certaines ressources sont temporaires, on précisera la période d'existence (saison, année favorable) et/ou la pérennité

7. Diagramme des acteurs et entités de gestion (exemple de la RB du Luberon)



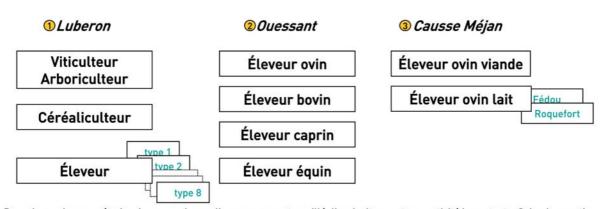
(durée de vie d'un bâtiment, temps de colmatage d'un étang). Les ressources fonctionnant comme des variables exogènes mais dont les caractéristiques sont déterminantes dans le fonctionnement du système sont également indiquées (par exemple les déterminants du climat).

3) Le diagramme des dynamiques (fig. 10)

Dans un premier temps les participants vont simplement lister les processus qu'ils considèrent être déterminants dans la dynamique du système représenté et par rapport à la question posée. Ces processus sont affectés à une des trois classes proposées (écologique, social, économique). Tant que des processus nouveaux sont identifiés, l'animateur continue ou reprend le tour de table. Quand aucune nouvelle idée n'émerge, l'animateur propose de réviser la liste pour éviter les redondances, de choisir une terminologie explicitant clairement le processus, et annote un code facilement compréhensible pour chaque processus finalement retenu.

Quand plusieurs processus écologiques sont déterminants dans la dynamique du territoire, l'animateur lance un deuxième temps de réflexion au cours duquel les participants vont proposer une représentation de la dynamique du système sous la forme soit de successions d'états dans le temps, soit de flux d'individus, de biens ou de matières. Dans le premier cas, il faut se mettre d'accord sur les états successifs que peut prendre la végétation et préciser les facteurs qui provoquent le passage d'un état à un autre et la durée nécessaire pour que cette transition ait lieu.

8. Utiliser des termes précis



Dans de nombreuses études de cas sur lesquelles nous avons travaillé, l'agriculture est une activité importante. Selon la question posée et selon les processus en jeu, le collectif va devoir choisir un niveau de précision pertinent dans l'identification des acteurs correspondants.

- 1 Dans le Luberon, bien que la question soit sur les « dynamiques paysagères et attentes vis-à-vis de l'élevage dans un avenir proche », deux catégories supplémentaires à celle des éleveurs ont été retenues : les viticulteurs-arboriculteurs pour leur impact foncier et paysager, les céréaliculteurs pour leur capacité à mettre à disposition des éleveurs des chaumes ou des céréales en vert. Ensuite, la catégorie éleveur a été redécoupée en 8 types en fonction des caractéristiques structurelles des systèmes d'élevage (et donc des pratiques associées).
- ②À Ouessant, chaque type d'élevage a fait l'objet d'une distinction car les modes d'utilisation de l'espace sont fortement liés au type d'animal élevé et donc à la maîtrise de l'enfrichement.
- ③Sur le Causse Méjan, l'élevage ovin est dominant, mais c'est le type de spéculation (lait, viande) et le mode de commercialisation (fromage local Fédou ou fromage industriel Roquefort) qui orientent la façon d'utiliser les parcours et les champs et donc l'impact sur la dynamique des pins.

Le diagramme peut soit être construit «en direct», soit être discuté à partir d'une proposition élaborée par un expert. Dans les deux options, il doit distinguer clairement les dynamiques liées aux actions anthropiques (effet des techniques actuellement mises en œuvre), de la dynamique naturelle (conséquence de l'abandon des usages). Un schéma similaire peut être appliqué à la dynamique de l'eau.

Dans le deuxième cas, on va faire expliciter les connaissances sur les dynamiques de population ou les flux de matière en co-construisant un schéma rendant compte du cycle biologique d'une espèce emblématique, ou représentant des flux sociaux directement liés à la question posée (par exemple flux touristiques, urbanisation).

À la fin de cette phase, il est conseillé de récapituler les diagrammes produits et d'identifier d'éventuels manques. Trois types de manques doivent potentiellement être identifiés:

- 1) Une activité ou une ressource a été identifiée comme prédominante ou préoccupante mais aucun participant ne s'est senti de porter un regard éclairé sur la question. Le groupe se met alors d'accord sur le besoin de faire appel à un expert et désigne la personne chargée d'identifier et de mobiliser cet expert.
- 2) Un acteur important a été oublié lors de la phase préparatoire et son absence dans le collectif se fait ressentir. Le groupe se met alors d'accord sur la personne à convoquer pour la phase suivante.
- 3) Un acteur, une ressource ou un processus dynamique fait l'objet d'un désaccord total entre

9. Diagramme des ressources et indicateurs de gestion (exemple de la RB du Luberon)

truffes lkg récoltés] point d'eau (localisation, débit) gibier (espèce, densité)

herbe (qualité, taux de raclage) route (état, accessibilité) agneaux (âge, format)

feuilles (volume accessible) bergerie (localisation, capacité)

glands (quantité)

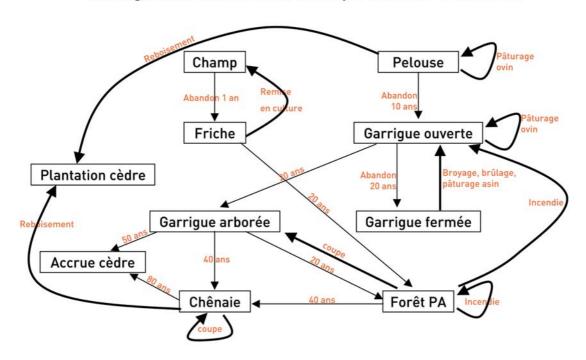
chêne vert (densité, hauteur, âge, couvert)

deux ou plusieurs participants à la démarche. Le groupe se met alors d'accord sur le choix d'un expert et sur le type d'informations à lui demander pour sortir de cette impasse.

La deuxième phase de la démarche va consister à faire la synthèse des réponses aux trois questions précédentes en mettant l'accent sur l'articulation entre usagers et ressources. C'est le moment fort de l'exercice puisqu'il va déboucher sur le modèle conceptuel représentant l'ensemble des interactions liées à la question posée. Il est conseillé d'y consacrer le temps nécessaire, soit une demi-journée pour un schéma simple (3-4 acteurs directs, 3-4 ressources), à une journée pour un schéma plus complexe (5-8 acteurs directs, 5-10 ressources). Le collectif (éventuellement élargi si des manques ont été identifiés précédemment) qui participe à la co-construction du modèle doit alors répondre à la question centrale suivante:

Comment chaque acteur utilise-t-il les ressources qu'il convoite?

10. Diagramme de transition (exemple de la RB du Luberon)



4) Le diagramme des interactions (fig. 11)

L'animateur va débuter l'atelier en rappelant les schémas réalisés lors de la première phase, en faisant un effort tout particulier d'explicitation si de nouvelles personnes ont intégré le groupe. Quand les diagrammes réalisés sont relativement simples, il va directement inviter les participants à élaborer collectivement un diagramme d'interactions. Pour cela, il propose de positionner les acteurs directs sur un diagramme au centre duquel il a recopié la liste des ressources identifiées lors de la première phase (fig. 7). Chaque participant dispose d'une copie du diagramme des acteurs et choisit à tour de rôle de rajouter une interaction entre un acteur et une ressource ou entre un acteur et un autre acteur. Il peut pour cela soit rajouter un lien sur le diagramme en cours de construction, soit demander à intégrer un des acteurs de la liste non encore représenté sur le diagramme en construction. Chaque nouvelle interaction proposée est matérialisée par une flèche associée à un verbe qui précise le type d'action générant l'interaction. Le proposant doit justifier son choix et indiquer, quand il les connaît, le type d'informations utilisées par les acteurs pour prendre la décision correspondante (par exemple j'autorise un nouveau lotissement parce que la demande de logements a dépassé 50; je change mon troupeau de parc parce qu'il reste moins de 300 kg de fourrage; je vais voir le Parc Régional parce que plus de 30% des habitants se plaignent de la friche).

Quand les diagrammes réalisés sont plus complexes, il est préférable de procéder de façon segmentée en découpant l'exercice en plusieurs phases. Deux options sont possibles. Si des enjeux ont été clairement mis sur la table lors des débats associés à la co-construction, l'animateur va proposer de réaliser un schéma d'interactions par enjeu et va animer la procédure décrite dans le paragraphe précédent autant de fois que d'enjeux mentionnés (fig. 12a). La seule différence est qu'il doit veiller à ce que les ressources et les acteurs mentionnés par les participants concernent bien l'enjeu traité, et en cas de doute, faire expliciter le lien envisagé.

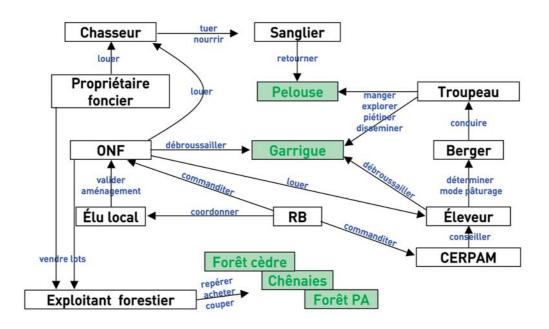
Si des enjeux ne sont pas clairement identifiés, l'animateur va proposer de regrouper les ressources par catégories, puis va constituer des groupes de travail sur les trois ou quatre ressources qui paraissent les plus importantes aux participants. Dans ce cas-là il faut rajouter une phase de mise en commun et de mise en relation entre les trois ou quatre diagrammes construits.

Le rôle de l'animateur est particulièrement délicat lors de cette phase car il doit construire un diagramme en direct et facilement lisible (en évitant les flèches de partout), il doit forcer les gens à expliciter leur choix (en évitant de les mettre dans une position délicate) et il doit régulièrement relancer la discussion sur les cases sans flèches (sans trop forcer les participants). L'animateur assume en fait trois objectifs simultanément: élaborer progressivement un schéma commun compréhensible par tous, identifier des interactions claires et indiscutables, et laisser la possibilité de réparer des oublis. De plus, un effort particulier doit être mené pour obliger chacun à reformuler sa proposition pour éviter les verbes insuffisamment informatifs (le troupeau pâture, l'agriculteur

cultive son champ, le maire gère son budget) ou pour ne retenir que les interactions qui ont du sens par rapport à la question posée (fig. 5). Il peut arriver parfois que le collectif n'arrive pas à se mettre d'accord sur une représentation commune. L'animateur va alors devoir identifier l'origine du désaccord et proposer que deux diagrammes respectant les deux sensibilités exprimées soient élaborés et considérés comme deux représentations valides de l'enjeu traité (fig. 12b).

Cette phase est généralement la plus riche et la plus intéressante du processus de modélisation, mais pour tirer un maximum de profit de cette richesse, il est essentiel de conserver l'historique de la construction des quatre diagrammes afin de savoir pourquoi et comment tel ou tel acteur, telle ou telle ressource, telle ou telle interaction, a été retenu, a été éliminé ou a été transformé. Plusieurs procédés peuvent être employés pour garder cette mémoire du processus de co-construction: l'enregistrement audio (très complet mais très lourd à analyser), la présence d'un observateur dédié à cette tâche (très efficace car il peut rendre compte rapidement de la séquence suivie et des justificatifs énoncés mais impose une personne supplémentaire), l'utilisation d'un tableau interactif ou d'un appareil photo numérique permettant de prendre une série d'instantanés des diagrammes au fur et à mesure de leur construction (très parlant mais nécessite soit un équipement particulier, soit une personne partiellement dédiée à l'exercice).

11. Diagramme des interactions nature/société (exemple de la RB du Luberon)



Après avoir franchi ces quatre étapes, le modèle conceptuel est établi. Deux options se présentent alors au groupe de travail: élaborer une proposition de gestion basée sur le schéma conceptuel (plan cadre de recherche, charte d'aménagement), ou implémenter le modèle pour en faire un outil de concertation. Dans le premier cas, la réflexion va se focaliser sur le territoire et ses priorités d'aménagement ou de recherche. Dans le deuxième cas, la réflexion va porter sur l'explicitation des règles de décision à l'origine des interactions identifiées sur le diagramme final, et sur le mode de représentation du territoire à privilégier (type de carte, niveau de résolution). Quand l'animateur souhaite réduire au maximum l'effet boîte noire du modèle, et souhaite une réelle appropriation du modèle par l'ensemble des participants, il peut proposer des exercices de co-construction basés sur des phrases logiques exprimant les contraintes liées à chacune des actions (fig. 13a), et le mode d'enchaînement des actions dans le temps (fig. 13b). Ces phrases logiques vont permettre aux participants d'expliciter leurs pratiques ou leur perception des pratiques des autres, en fonction des éléments (acteurs, entités de gestion, indicateurs) qu'ils auront identifiés lors des différentes étapes de la méthode ARDI (fig. 13c). L'exercice peut même aller jusqu'à faire le lien avec un mode de formalisme couramment utilisé par un informaticien, comme un diagramme de classe UML (fig. 13d). La comparaison de l'énoncé sous la forme d'une phrase logique (fig. 13a) et de la traduction en SmallTalk (fig. 13e), permet à l'acteur qui a explicité sa pratique de vérifier que le modélisateur ou l'informaticien n'a pas déformé sa pensée.

Le territoire et ses échelles de temps et d'espace

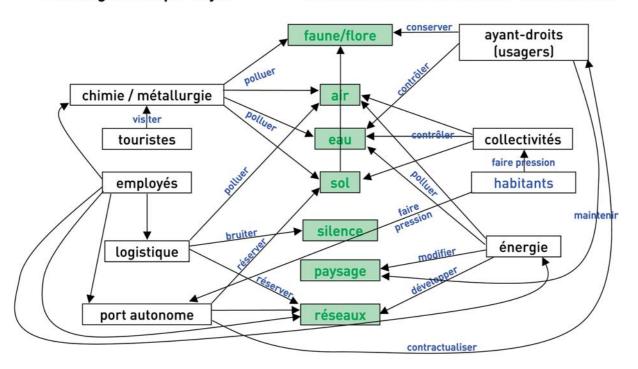
Il est nécessaire de définir les échelles de temps et d'espace pertinentes pour représenter correctement les processus en jeu (fig. 14). La première étape consiste à se mettre d'accord sur les limites du territoire sur lequel va porter la réflexion et sur les entités de gestion pertinentes à l'intérieur de ce territoire (massif forestier, massif + interfaces, massif + exploitations agricoles, massif + voies d'accès...).

Ensuite, il faut tenir compte de plusieurs éléments lors du choix de l'échelle spatiale qui est une décision majeure pour la construction du modèle et pour garantir sa pertinence lors de son utilisation dans la phase d'accompagnement:

- elle doit permettre une visualisation des principaux indicateurs qui intéressent les acteurs locaux;
- elle doit être définie en fonction de la taille moyenne des entités de gestion et de la précision nécessaire pour représenter correctement les processus déterminants;
- elle doit être compatible avec les contraintes informatiques (rapidité, lisibilité et capacité des programmes qui vont permettre de simuler les dynamiques);
- elle doit, enfin, être basée sur les informations et les moyens disponibles (disponibilité en données cartographiques, coût de collecte des données manquantes).

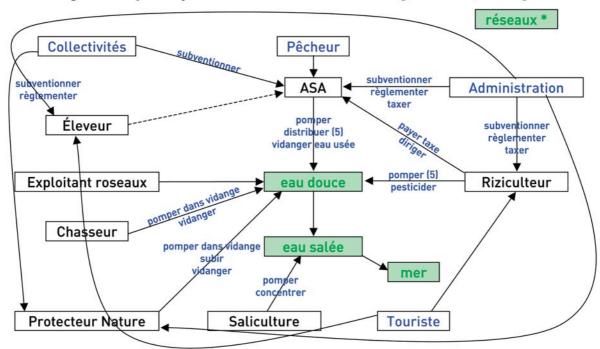
12a. Diagramme par enjeu

Interface Zone industrielle/ Zone naturelle



12a. Diagramme par enjeu

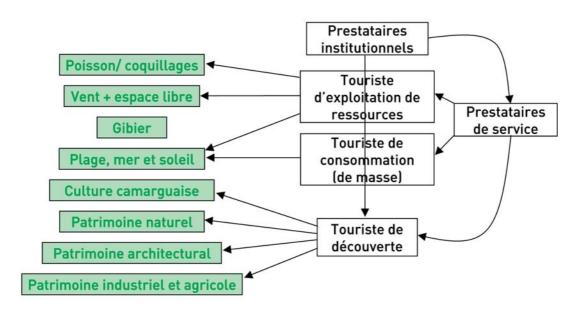
Agriculture, élevage et eau



^{*} Cette ressource correspond à une ressource préalablement identifiée mais non retenue dans le diagramme d'interaction.

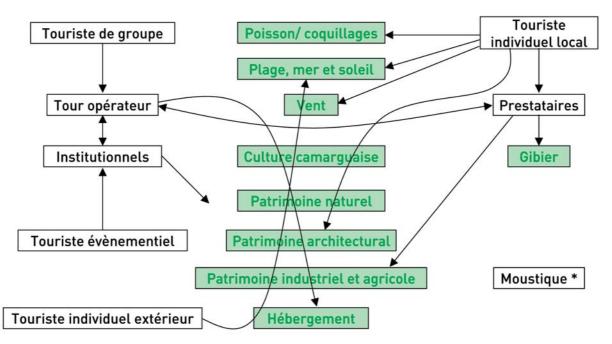
12b. Absence de vision commune

Tourisme et loisirs (groupe RV)



12b. Absence de vision commune

Tourisme et loisirs (groupe JLL)



^{*} Cet acteur correspond à un acteur préalablement identifié mais non retenu dans le diagramme d'interaction.

Identification des priorités de recherche et de développement

Dans les situations les moins complexes, la méthode ARDI produit un seul diagramme d'interactions sur lequel les participants vont essayer d'évaluer les connaissances disponibles et le niveau d'incertitude acceptable sur ces connaissances. Dans les situations complexes, le même exercice sera effectué sur chaque diagramme d'interaction établi pour chaque grand enjeu de gestion.

L'animateur demande aux participants de se diviser en plusieurs groupes, d'établir la liste des activités existant sur le territoire, et d'évaluer quelle partie du territoire est concernée par chacune de ces activités. Quand l'activité est diffuse, on se contente de donner le pourcentage de la surface concernée et le nombre d'acteurs impliqués; quand l'activité est ponctuelle, on la localise sur la carte. Ensuite, chaque groupe évalue l'impact écologique, économique, social et culturel de chacune des activités, et le niveau de connaissance scientifique ou empirique que l'on en a (fig. 15). Ces impacts sont évalués de façon qualitative mais l'évaluation doit intégrer le sens de l'effet (positif, neutre, négatif), son intensité (fort, moyen, faible) et sa tendance (augmente, diminue). Les avis sont regroupés sur un tableau et la comparaison des tableaux est un exercice très enrichissant car il permet soit de mettre en évidence des visions incomplètes du territoire, soit de détecter des divergences de vue.

13a. Les phrases logiques

Exemple du pâturage sur le Luberon

Le Troupeau se déplace vers la cellule du parcours dont le couvert est en pelouse et dont le taux de raclage est inférieur à 3. Le taux de raclage de cette cellule augmente d'une unité.

Tant que ses besoins ne sont pas satisfaits :

le Troupeau cherche les cellules de son voisinage qui appartiennent au même quartier de pâturage, dont le couvert est soit pelouse ou garrigue ouverte et dont le taux de raclage est le plus faible possible et où il reste de l'herbe à manger.

S'il y en a :

le Troupeau choisit celle qui est la plus pénétrable et il s'y rend.

Le taux de raclage de cette cellule augmente d'une unité.

Les besoins du Troupeau sont réduits d'un tiers de la productivité de cette cellule.

S'il n'y en a pas :

le Troupeau cherche une autre cellule en pelouse dans son parcours où il reste quelque chose à manger (taux de raclage \leftarrow 3).

La personne du groupe qui a proposé une interaction identifiée sur le diagramme (ici le verbe pâturer) va expliciter cette action sous la forme de phrases clairement structurées. L'énoncé est d'abord écrit textuellement au tableau, puis les participants vont identifier par des couleurs les acteurs impliqués, les entités de gestion concernées, les indicateurs servant à prendre les décisions et les indicateurs servant à mettre à jour le système.

13b. Les séquences temporelles

Exemple du pâturage sur l'île d'Ouessant

Fév-Mai

Troupeau quitte VainePature

Si lot ← 10 Éleveur met son lot sur zonePiquet dans prairie la plus proche de maison lot pâture zonePiquet

Si lot → 10 Éleveur met son lot sur enclos, lot pâture enclos

Dans 20% des cas, si lot ← 10 Éleveur met son lot sur zonePiquet dans frangeLittorale

Juin-Sep

Éleveur fauche zone Piquet

Si lot ← 10 Éleveur met son lot sur zonePiquet dans prairie la plus proche de maison lot pâture zonePiquet

Si lot → 10 Éleveur met son lot sur enclos, lot pâture enclos

Oct-Déc

Troupeau va sur VainePature

La personne du groupe qui a étudié le pâturage a souhaité expliciter cette action en fonction du temps car le mode de conduite des animaux varie en fonction des saisons, et les entités pâturées changent selon la période de l'année. L'énoncé est d'abord écrit textuellement au tableau, puis les participants vont identifier par des couleurs les acteurs impliqués, les entités de gestion concernées, et les indicateurs servant à prendre les décisions.

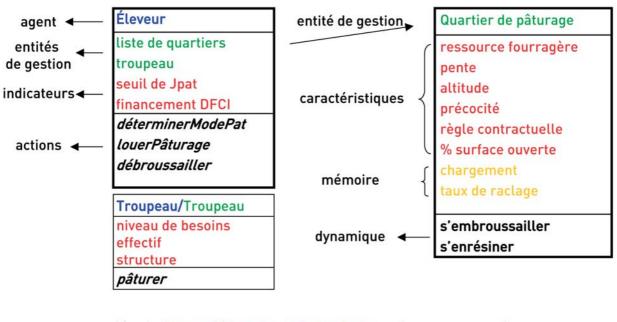
Cette forme d'explicitation va mettre en débat la nécessité ou la pertinence de choisir un pas de temps saisonnier pour représenter le pâturage dans le fonctionnement du système.

13c. Les décisions multicritères

Exercice du chantier bois de chauffage sur le Larzac

```
Si dispoTravail de Fermier → 3
         si besoinBoisChauffage de Fermier → stockBoisChauffage de Fermier
         et si Bois existe sur Exploitation
                  si Fermier recherche parcours
                            si parcours boisé (type 6) existe et chemin disponible
                                     choix bon (qualHerbe, quantHerbe) parcours
                                     le plus proche de la bergerie, coupe sélective
                            sinon choix bois voisins de bons (charge) parcours
                                     choix bois le plus proche de la bergerie
                                     choix cellules adjacentes au parcours
                                     si Fermier expérimenté (skill) coupe sélective
                                     sinon coupe rase
                  sinon choix bois
                            si especeDominante du bois est CB, choix parcours le
                            plus proche de la bergerie et accessibilité
                            coupe rase dans cellule dont volume le plus élevé
                            si especeDominante du bois est PS,
                            coupe rase dans cellule dont volume le plus élevé et accessibilité
```

13d. Faire le lien avec le modèle informatique



13e. Des phrases logiques au code informatique

Traduction en code informatique (ici en langage SmallTalk) de l'énoncé de l'encadré 10a

```
graze
| target nextCell |

self moveTo: [self rangeland detect: [:c | c ocsol = 3 and: [c grazingPressure ← 3]]).

self patch use: self patch use + 1.
[self requirements → 0] whileTrue:

[target := [self patch neighbourhood select: [:c | c gu = self patch gu and: [c ocsol ←= 3 and: [c grazingPressure ← 3]]]] asOrderedCollection.

target isEmpty ifFalse:

[nextCell := [target asSortedCollection: [:a :b | a ocsol → b ocsol]] first.

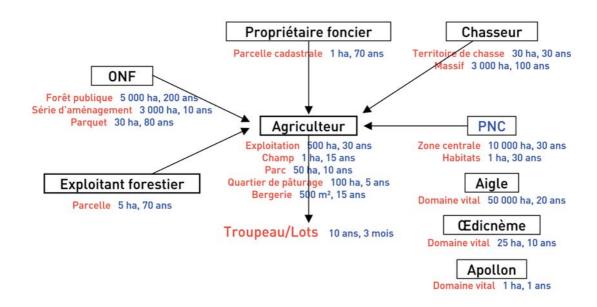
self moveTo: nextCell.

self majBesoins]

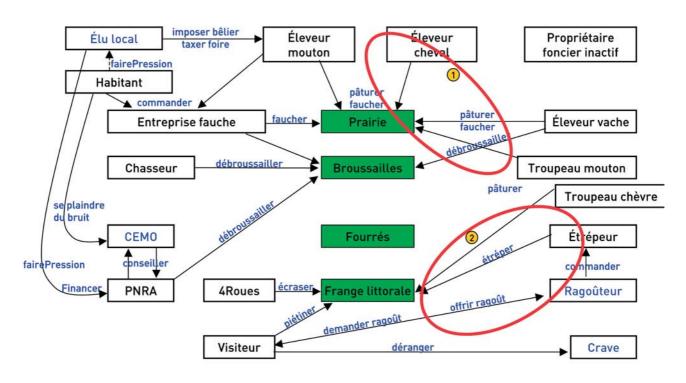
ifTrue: [self moveTo: [self rangeland detect: [:c | c ocsol = 3 and: [c grazingPressure ← 3]]]].
```

Si la colonne niveau de connaissances fait apparaître d'énormes lacunes, ou si le collectif a clairement identifié un manque de connaissances sur une activité donnée, un dernier exercice consiste à repérer comment cette activité a été explicitée sur le diagramme d'interactions et à imaginer les recherches à mener pour lever une partie de l'incertitude sur le fonctionnement de cette activité (fig. 16).

14. Échelles d'espace et de temps (exemple du Causse Méjan)

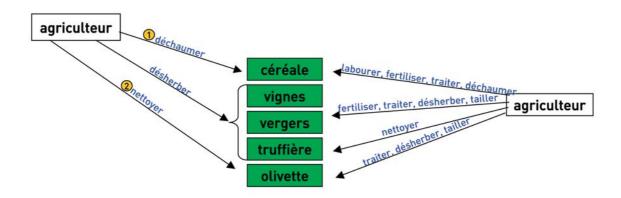


15. Identifier les priorités de recherche



Dans l'étude de cas Ouessant, lors de l'élaboration du diagramme d'interactions, deux domaines avec de fortes incertitudes ont été identifiés: l'un concerne ① l'organisation du pâturage, l'autre ② tout ce qui tourne autour de la récolte des mottes (étrépage). Ces lacunes dans la connaissance étant jugées inacceptables par le collectif pour produire une représentation satisfaisante du système, la démarche s'est arrêtée pour laisser le temps aux chercheurs de récolter et d'analyser des données sur ces zones d'ombre.
Des recherches interdisciplinaires permettant d'avoir des regards croisés sur ces deux zones d'ombre ont alors été menées ① d'un côté sur les stratégies spatiales des éleveurs, la conduite des troupeaux, le comportement alimentaire des animaux, l'abroutissement des ligneux et le poids culturel de l'élevage du mouton, et ② de l'autre côté sur la pratique de l'étrépage et son impact écologique, le marché de la motte et la perception des zones étrépées par les habitants et les visiteurs.

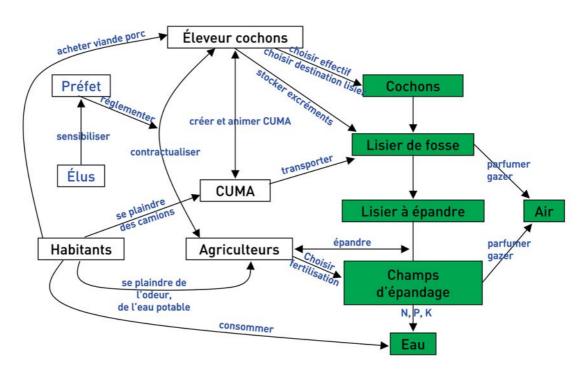
16. Éviter l'usine à gaz



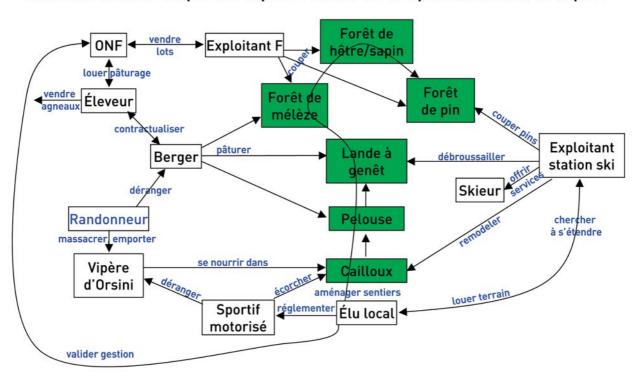
Dans l'étude de cas Nîmes Métropole, trois processus sont au centre de la question posée : l'agriculture péri-urbaine, les incendies de forêt et l'urbanisation. L'extrait du diagramme d'interactions concerne l'agriculteur et ses ressources. Au démarrage de l'exercice, le verbe proposé pour expliciter le lien avec les 5 ressources identifiées est « cultiver ». Considérant ce terme comme trop générique, le facilitateur va demander aux participants de préciser leur pensée. Les techniciens qui constituaient le collectif de co-construction vont alors avoir tendance à détailler chaque itinéraire technique, en mentionnant tout ce qui pourrait avoir un impact sur l'environnement (labour vs risque d'érosion, fertilisation et traitement phytosanitaire vs pollution, taille vs combustible). Le facilitateur a alors intérêt à rappeler la question posée et à encourager les participants à ne conserver que les actions qui ont du sens par rapport à cette question. Ainsi dans la céréaliculture, la seule pratique importante par rapport à l'incendie est celle de retourner les chaumes avant l'été (1) « déchaumer »); dans l'oléiculture de maintenir l'herbe rase et d'éliminer les rémanents de taille en hiver (2) « nettoyer »).



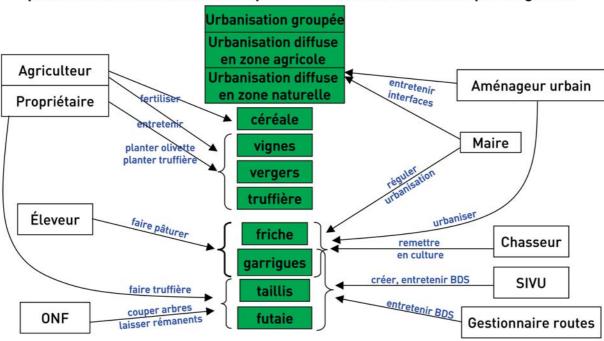
Jeu des 7 erreurs « Lisier » : que faire des lisiers de cochon ?



Jeu des 7 erreurs « Vipère et Sapin » : conserver la vipère ou la forêt de sapin ?



Jeu des 7 erreurs « Friche et maison » : prévenir les incendies de forêt périurbains en situation de déprise agricole

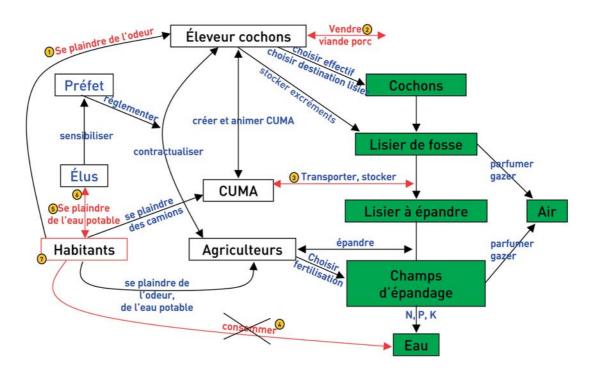


Processus « Vipère et Sapin »

Sur le diagramme d'interactions « Vipère et Sapin » identifiez les interactions sur lesquelles influent les processus suivants :

- **1** Enrésinement
- 2 Réchauffement climatique
- Stockage du carbone
- **4** Embroussaillement
- **5** Gélifraction
- 6 Mise en œuvre de Natura 2000
- Relance de la filière bois

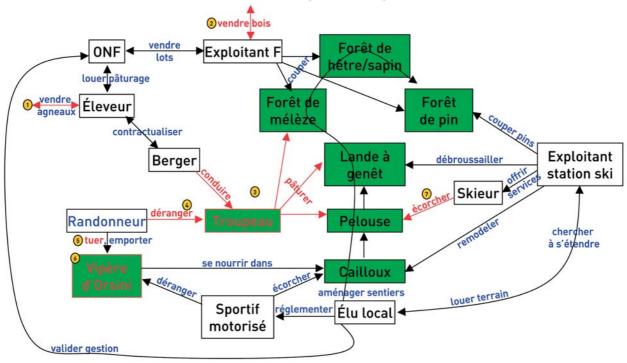
Jeu des 7 erreurs « Lisier » : Solution



Solution du jeu « Lisier »

- ①L'habitant n'achète pas directement sa viande chez l'éleveur de cochons, par contre il peut se plaindre des mauvaises odeurs générées par l'élevage.
- ②Par contre, l'éleveur vit bien de la vente de ses animaux, mais celle-ci se fait vers un marché extérieur (non explicitement représenté dans le modèle). Comme c'est un échange commercial classique (je reçois de l'argent en échange d'un produit), l'interaction est représentée par une double flèche.
- 3L'action de la CUMA est bien d'assurer le transfert du lisier de fosse vers le lisier d'épandage.
- ⑤Par contre, ils peuvent se plaindre auprès de leurs élus municipaux de la mauvaise qualité de l'eau potable...
- 6... dont ils payent le prix.
- 7 Ils n'en restent pas moins des acteurs indirects de la problématique de l'épandage des lisiers.

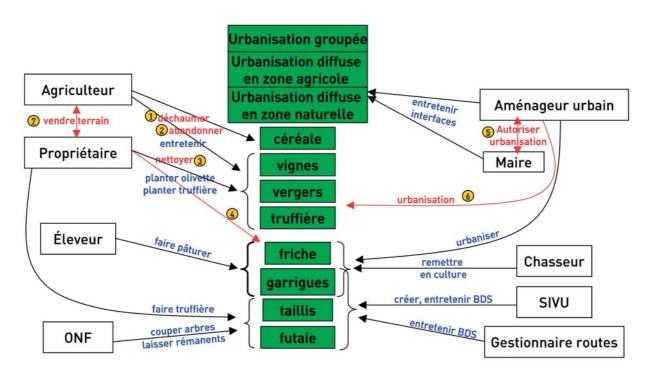
Jeu des 7 erreurs « Vipère et Sapin » : Solution



Solution du jeu « Vipère et Sapin »

- ①L'éleveur vit bien de la vente de ses agneaux et celle-ci se fait vers un marché extérieur (non explicitement représenté dans le modèle). Comme c'est un échange commercial classique (je reçois de l'argent en échange de mes agneaux), l'interaction est représentée par une double flèche.
- ②Par contre, dans le diagramme, l'exploitant forestier ne vit de rien ; il faut représenter son revenu tiré de la vente de bois.
- ③Dans la configuration actuelle du diagramme, le berger pâture directement l'herbe! Il y a alors deux options : soit on modifie le verbe en « faire pâturer le troupeau », soit on identifie le Troupeau comme une entité.
- (4) Ce deuxième choix est imposé par le fait que les concepteurs du diagramme ont souhaité identifier l'effet perturbateur des randonneurs; or celui-ci est exclusivement sur le troupeau (on se garde bien de déranger les animaux quand le berger est là).
- (5) Le verbe massacrer est un jugement de valeur, le verbe tuer suffit à expliciter l'augmentation de la mortalité des vipères sans préjuger de l'impact réel sur la dynamique de la population.
- (3) Dans le diagramme, la vipère ne semble pas avoir un effet direct sur la dynamique du système, il sera donc plus judicieux de la considérer comme une ressource que certains veulent protéger (par éthique environnementale) et d'autres éliminer (par peur) ou collectionner (par passion).
- ⑦Soit le skieur n'a pas d'impact sur les ressources naturelles et son identification dans le diagramme n'apporte pas grand-chose (et de toute façon il faudra alors le considérer comme un acteur indirect, donc en bleu) ... soit il a un impact sur la pelouse qu'il écorche avec ses skis.

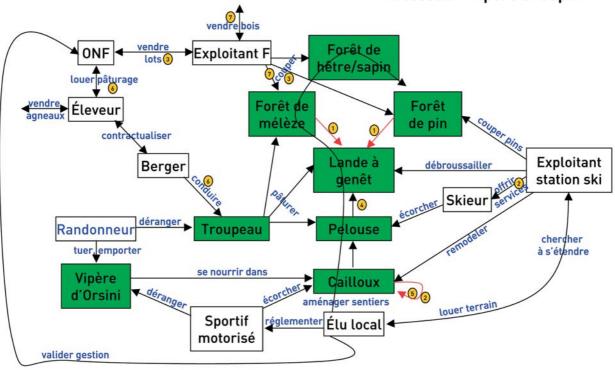
Jeu des 7 erreurs « Friche et maison » : Solution



Solution du jeu « Friche et Maison »

- 1 Les opérations menées par l'agriculteur dans ses champs de céréales sont multiples. Mais par rapport à la question posée seules les opérations ayant un effet sur le risque d'incendie doivent être retenues et seul le déchaumage a un effet marqué sur la combustibilité du champ.
- ②La question porte non seulement sur les techniques d'entretien utilisées mais aussi sur l'abandon de l'activité agricole, d'où l'importance de rajouter la décision d'abandonner la culture d'un champ.
- 3 Là aussi, c'est l'action d'entretenir les vergers et les vignes qui est l'opération clef par rapport à la guestion posée.
- ▲Le propriétaire ne plante pas une truffière sur une truffière mais sur une friche voire une garrigue.
- ⑤ L'action de régulation de l'urbanisation ne porte pas directement sur l'espace naturel et n'a un effet direct sur le territoire qu'à partir du moment où un propriétaire ou un aménageur décide de construire. C'est donc typiquement une action indirecte identifiée par le lien entre le maire et l'aménageur représentant le permis de construire.
- (6) L'urbanisation porte sur les friches mais aussi sur tout autre espace agricole abandonné, avec une plus-value sur l'olivette qui permet d'abord immédiatement un vieil arbre dans son jardin!
- ②La déprise agricole a souvent comme moteur le différentiel entre le prix de la terre agricole et celui du terrain à bâtir, le lien commercial entre l'agriculteur et le propriétaire est donc crucial dans ce diagramme.

Processus « Vipère et Sapin »



Commentaires de Processus « Vipère et sapin »

- ①Dans la mesure où le territoire est pâturé, l'enrésinement va essentiellement se produire dans les touffes de genêt à l'abri desquelles les graines de pin, de mélèze ou de sapin vont pouvoir germer et se développer.
- ②Le réchauffement climatique peut remettre en question la durée et l'intensité d'enneigement des stations de basse altitude, ce qui peut amener les exploitants de la station de ski à fermer ou à offrir d'autres types de prestations, par exemple vers les sportifs motorisés en été.
- 3 La mise en place d'une stratégie de stockage du carbone induit une réduction des surfaces offertes à la coupe et donc une réduction des activités du bûcheron.
- Si la pression de pâturage est insuffisante, le genêt va s'étendre, par voisinage, au détriment de la pelouse.
- (5) La fracture de la roche par le gel réalimente en cailloux la partie de la montagne non couverte par la pelouse ou la forêt. L'intensité du processus peut être fortement modifiée par le réchauffement climatique.
- Une politique volontariste de rémunération des activités agricoles favorisant le maintien des espaces ouverts peut encourager certains bergers à mettre en œuvre des pratiques de conduite des troupeaux au pâturage visant à mieux contrôler l'enrésinement et l'embroussaillement.
- ②La relance de la filière bois va encourager l'exploitant forestier à intensifier son activité de coupe, et va donc avoir un effet opposé à la stratégie de stockage du carbone.

ComMod

Ce travail a été réalisé avec le soutien financier de l'ANR (Agence Nationale de la Recherche), dans le cadre de son programme Agriculture et Développement Durable (ANR-05-PADD-007)

Commod, la modélisation d'accompagnement : une pratique de recherche en appui au développement durable